



EESTI MAAÜLIKOOL  
Metsandus- ja maaehitusinstituut  
Metsakasvatuse ja metsaökoloogia õppetool

**Joonas Kollo**

**HARVENDUSRAIE MÕJU HAAVIKU KASVULE JA PÄRNA  
TEISE RINDE KUJUNDAMINE**

**IMPACT OF THINNING ON ASPEN STAND GROWTH AND  
THE FORMATION OF LIME SECOND LAYER**

Magistritöö  
Metsamajanduse eriala

Juhendajad: professor Hardi Tullus, *PhD*  
teadur Reimo Lutter, *PhD*

Tartu 2018

Eesti Maaülikool Kreutzwaldi 1a, Tartu 51006		Magistritöö lühikokkuvõte	
Autor: Joonas Kollo		Õppekava: metsamajandus	
Pealkiri: Harvendusraie mõju haaviku kasvule ja pärna teise rinde kujundamine			
Lehekülgi: 49	Jooniseid: 23	Tabeleid: 2	Lisasid: 1
Õppetool: Metsakasvatus ja metsaökoloogia ETIS-e teadusvaldkond ja CERC S-i kood: B430 Metsakasvatus, metsandus metsandustehnoloogia Juhendajad: Hardi Tullus, Reimo Lutter Kaitsmiskoht ja -aasta: Tartu 2018			
<p>Magistritöö jaoks tehti mõõtmisi Järvelja Õppe- ja Katsemetsakonnas kvartal nr. 243 asuvas tarastatud triploidse haaviku (<i>Populus tremula f. gigas</i>) harvendusraie katsealal puistus vanuses 14–16 aastat. Mõõtmistulemuste alusel analüüsiti harvendamise mõju ülarinde haava kasvutunnustele ja mulla toitainete sisaldusele ning hinnati pärna teise rinde kasvutunnuseid. Uuritava haaviku kõrguse ja rinnasdiameetri kasvukäiku võrreldi kirjanduses olevate haavapuistute kasvukäigutabelitega ning teiste kiirekasvuliste lehtpuuliikidega. Töös antakse kirjanduse põhjal ülevaade hooldusraietest haavikutes ning sellega seotud probleemidest ning pärna teise rinde kujundamisest.</p> <p>Kirjanduse andmetel mõjub harvendusraie puude diameetrikasvule positiivselt – juurdekasv suureneb. Alles soovitatakse jätta kõvalehtpuud ning pärna teine rinne, mis soodustab puistu paremat laasumist. Haaviku harvendamist on soovituslik teha alameetodil, jättes puistu tihedaks, kuna hõredas puistus on põdrakahjustuse oht suur. Vältimaks kahjustusi on soovitatav puistu tarastada vähemalt 2 m kõrguse aiaga. Pärn puistu koosseisus parandab mullaviljakust läbi kaltsiumirikka lehevarise.</p> <p>Töö käigus saadi tulemuseks, et 16-aastaselt kontrollala ja harvendatud ala kõrguse keskväärtused ei erinenud usaldatavalt, olles vastavalt 10,4 m ja 13,3 m (<math>p=0,103</math>) kõikide puude korral ning 13,9 m ja 14,9 m (<math>p=0,196</math>) ülapuude (suuremad kui ülemine rinnasdiameetri kvartiil) korral. Keskmise rinnasdiameeter erines kontrollala ja harvendatud ala vahel 16-aastaselt, olles vastavalt 5,5 cm ja 9 cm (<math>p&lt;0,020</math>) kõikide puude korral ning 8,6 cm ja 11,7 cm (<math>p&lt;0,001</math>) ülapuude korral. Kontrollala kõrguse:rinnasdiameetri suhe oli keskmiselt 2,0 ja oli usaldatavalt suurem kui harvendatud ala 1,5 (<math>p&lt;0,001</math>). Puu algsuuruse (14 aastat) ja rinnasdiameetri juurdekasvu (vanuses 14–16 aastat) vaheline seos oli tugevam kontrollalal (<math>R^2=0,48</math>) ning nõrgem harvendatud alal (<math>R^2=0,18</math>). Pärna teise rinde keskmine kõrgus ja rinnasdiameeter olid 16-aastases haavikus 5,8 m ja 4,1 cm. Teise rinde pärna kõrgus moodustab haava esimese rinde kõrgusest 43,6%. Varasemalt täheldati uuritud haaviku aeglasemat kõrguse ja rinnasdiameetri kasvu. 16. kasvuaastal näitas triploidne haab sarnast kasvukiirust Ia boniteedi kasvukäigutabeliga. Mulla toitainete sisaldus ei erinenud statistiliselt oluliselt harvendatud ja harvendamata alal.</p> <p>Töö käigus selgus, et harvendus kiirendab haaviku jämeduskasvu, kuid mitte puude kõrguskasvu. Pärna teine rinne soodustab haaviku laasumist, mitmekesistab puistu elurikkust ning parandab mullaviljakust.</p>			
Märksõnad: harilik haab, triploidne haab, harvendamine, pärna teine rinne, mulla toitained			

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1a, Tartu 51006		Abstract of Master's Thesis	
Author: Joonas Kollo		Curriculum: forest management	
Title: Impact of thinning on aspen stand growth and the formation of lime second layer			
Pages: 49	Figures: 23	Tables: 2	Appendixes:1
Department / Chair: Silviculture and forest ecology Field of research and (CERC S) code: B430 silviculture, forestry, forest technology Supervisors: Hardi Tullus, Reimo Lutter Place and date: Tartu 2018			
<p>For Masters's thesis the measurements were made at the experimental area of 14–16 years old triploid aspen (<i>Populus tremula f. gigas</i>) stand at Järvselja Õppe- ja Katsemetskond. On the basis of the measurements author made analysis of growth development and thinning effect on aspen stand growth characteristics and on soil nutrient content and assessment of lime second layer growth characteristics. Stand height and diameter growth were compared to aspen stand growth yield tables and to other fast growing hardwoods. Author gives short literature overview about aspen stand thinning and problems related to that and about the formation of lime second lime layer.</p> <p>On the basis of the literature thinning affects diameter growth positively – it increases. It is recommended to keep all the hardwoods and to retain lime second layer that promotes better self-pruning of aspen. It is also recommended to harvest aspen with a low harvest rate, leaving the stand density higher than necessary, because there exists a high risk of a moose damage. To avoid moose browsing, it is recommended to protect the stand with a 2 meter high fence. The study revealed that control and thinned areas height did not differ significantly and was 10.4 m and 13.3 m, respectively (<math>p=0.103</math>). The top trees height (larger than the upper diameter quartile) was 13.9 m and 14.9 m, respectively (<math>p=0.196</math>). Average diameter in control and thinned areas differed and diameter was 5.5 cm and 9.0 cm, respectively (<math>p&lt;0.002</math>) and the top trees diameter was 8.6 cm and 11.7 cm, respectively (<math>p&lt;0.001</math>). The control area height:diameter ratio was 2.0, which was significantly higher than in thinned area 1.5 (<math>p&lt;0.001</math>). The relationship between the initial tree diameter (14-year-old) and the annual increment (the period of 14–16 years) of diameter was stronger in the control area (<math>R^2=0.48</math>) and weaker in the thinned area (<math>R^2=0.18</math>). Lime second layer height and diameter under the 16 years old aspen stand was 5.8 m and 4.1 cm. Lime second layer average height and diameter was 5.8 m and 4.1 cm, respectively. Lime height constituted 43.6% of aspen height. Previous studies in the observed stand have detected a slow growth rate of triploid aspen, but at the age of 16, the growth rate has been similar or even faster compared to the best growth and yield tables for Estonian aspen stands. Analyses showed that soil nutrient contents did not differ between control and thinned plots.</p> <p>Results showed that thinning accelerates the growth of diameter, especially in young age but did not affect aspen height growth. The second layer of lime promotes an increase in the nutrient content of the soil.</p>			
Keywords: triploid aspen, common aspen, thinning, lime second layer, soil nutrients			

## SISUKORD

SISSEJUHATUS .....	5
1. KIRJANDUSE ANALÜÜS .....	8
1.1. Ülevaade Eesti metsadest.....	8
1.2. Ülevaade haavaressursist Eestis.....	9
1.3. Triploidne haab .....	11
1.4. Hooldusraied lehtpuumetsades .....	12
1.4.1. Hooldusraied haavikutes .....	12
1.4.2. Hooldusraietega kaasnevad probleemid haavikutes.....	14
1.5. Harilik pärn .....	15
1.5.1. Hariliku pärna üldkirjeldus.....	15
1.5.2. Harilik pärn metsakasvatuses .....	16
2. MATERJAL JA METOODIKA.....	17
2.1. Uuritav katseala .....	17
2.2. Andmetöötlus.....	21
3. TULEMUSED JA ARUTELU .....	24
3.1. Kõrgus.....	24
3.2. Rinnasdiameeter.....	27
3.3. Kõrguse ja rinnasdiameetri suhe.....	35
3.4. Tagavara.....	36
3.5. Harvendusraiejärgne rinnaspindala.....	37
3.6. Pärna teine rinne .....	38
3.7. Toitainete sisaldus mullas .....	40
KOKKUVÕTE .....	42
KASUTATUD KIRJANDUS .....	45
LISA 1. Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta.....	49

## SISSEJUHATUS

Haavaenamusega puistuid on Eestis ligikaudu 138 232 ha ehk 6 % Eesti metsade pindalast ning haavapuidu tagavara on 31 187 000 m<sup>3</sup>, mis moodustab 6,6% kogu puidu tagavarast Eestis (Aastaraamat Mets ... 2017). Haaba on pikka aega peetud väheväärtuslikuks lehtpuuliigiks. Vaatamata sellele, et haaval on väärt kasutusvaldkondi (Saarman, Veibri 2006), on haavaenamusega puistuid Eestis teadlikult kasvatatud väga vähe (Tullus 2016). Viimase 10 aasta jooksul on haava tähtsus kasvanud tänu Kundas asuvale haavapuitmassi tehasele, kus tarbitakse 440 000 m<sup>3</sup> haavapuitu aastas (Tooraine 2015). Lisaks majandusliku tähtsuse tõusule on hakatud vanu haavikuid üha enam väärtustama ka bioloogilise mitmekesisuse seisukohast (Tullus 2001). Vanad haavad pakuvad elupaiku harvaesinevatele putukaliikidele ning haava puidukoorel elavatele organismidele (Lõhmus *et al.* 2005). Samuti võivad vanad haavad olla pesapaigaks Eestis väga haruldasele liigile – lendoravale (Relve 2007).

Harilik haab (*Populus tremula* L.) kuulub papli (*Populus* L.) perekonda ja ta on levinud väga laialdasel territooriumil praktiliselt kogu Euraasia mandril. 23° (20°) põhjalaiuselt lõunas ulatub hariliku haava areaal kuni 70° põhjas ning parem kasvuala jääb 53° – 60° põhjalaiuse vahele (Smilga 1986). Põhjas on haab levinud kuni metsade leviku põhjapiirini tundras, lõunas kasvab steppides, poolkõrbetes ning soolakumuldadel. Harilik haab kasvab kogu Euroopas, Aasias kuni Amuurimaani, samuti Hiinas ja Jaapanis ning Põhja-Aafrikas (Laas 1987; Isebrands, *et al.* 2014). Harilik haab kasvab mitmesugustel muldadel: peentest kuni jämedatest liivmuldadest kuni raskete liivsavi ja savi muldadeni (Isebrands *et al.* 2014). Haab suudab kasvada kuivadel või hooajaliselt üleujutatud, toitainetevaestel muldadel ning happelistel ja aluselistel muldadel (Isebrands *et al.* 2014). Kuna haab uueneb looduslikult väga tõhusalt, siis tihti esineb haava looduslikke puhtpuistuid (Isebrands *et al.* 2014).

Noortes lehtpuumetsades tehakse hooldusraieid, et parandada puistu valgustingimusi, vähendada omavahelist konkurentsi kasvuressurssidele ja soodustada parimate puude kasvu. Tuleb raiuda välja puud, mis häirivad puu kõrgus- ja jämeduskasvu (Tullus 2016). Swift *et al.*

(2016) järgi avaldab harvendus positiivset mõju puude diameetri juurdekasvule ning rinnaslõikepindalale. Samas ei avaldanud uuringus harvenduse mõju kõrguskasvule. Uurimuste põhjal võib järeldada, et kvaliteetse ja jämeda palgi saamiseks on hooldusraie üks tõhusaimatest võtetest (Tamm 2000).

Haaviku edukas majandamine on suur väljakutse metsakasvatajatele, sest hooldusraietest saadav tulu on madal ning hõredaks raiutud puistus suureneb märkimisväärselt ulukikahjustuse oht (Tullus 2016). Suureks probleemiks haavikute kasvatamisel, eriti noores vanuses, on põdrakahjustused (Tullus 2016). Tihedamas puistus on põdrakahjustusi vähem, kuna seal on põdral raskem liikuda. Suurim põdrakahjustuse oht tekib pärast harvendamist. Põdrad võivad kahjustada peaaegu tervet puistut ning puude kasv pidurdub, kvaliteetse puidu väljatulek väheneb ning osa puid võib hukkuda. Vältimaks põdra ja teiste ulukite kahjustusi võib haavikuid tarastada, kuid see on majanduslikult kallis (Tullus 2016).

Haab on valgusnõudlik puuliik (Tamm 2000), mistõttu on sarnaselt kasele noores haavikus optimaalse võrapikkuse säilitamine oluline nii produktsiooni kui ka haiguskindluse säilitamise vaatenurgast (Tamm 2000). Muiste (1960) järgi suureneb diameetri juurdekasv pärast harvendusraiet ning parimat tulemust näitas rohelistekooreline triploidne haab. Võrreldes diploidse haavaga esineb triploidisel organite hiidsust – neil on suuremad lehed ja leheroots, urvad ning õhulõhede sulgrakud (Tamm 2000). Triploidset haaba peetakse kiirekasvulisemaks ja mädanikele vastupidavamaks (Tamm 2000).

Mitmekesise haaviku kasvatamise seisukohalt on soovitatav säilitada puistu teine rinne. Üheks sobilikuks varjutaluvaks puuliigiks lisaks kuusele on selleks pärn (Lokko 2014). Pärnal on positiivne mõju ka mullaviljakusele, näiteks Hagen-Thorn *et al.* (2004) järgi parandab pärna kiirelt lagunev mineraalaineterikas lehevaris mulla toitaineteringlust, eriti toitainete-vaesemates kohtades. Teadlikku pärnametsade kujundamist soodustatakse ka Järvelja Õppe- ja Katsemetskonnas, kus on alustatud harvendusraiete teel pärna soosimist puistu koosseisus (Noorte lehtmetsade kasvukäigu ja hooldamise katse-näidisalad Järveljal ja selle lähiümbruses 2005).

Magistritöö raames tehti kordusmõõtmised Järvelja Õppe- ja Katsemetskonnas kvartali 243 katsealal, mis on jaotatud neljaks võrdseks proovitükiks. Mõõtmiste käigus koguti haava esimese ja pärna teise rinde takseerandmed (kõrgus, rinnasdiameeter) ning võeti igalt proovitükilt mullaproovid toitainete sisalduse analüüsiks.

Magistritöö peamised eesmärgid on:

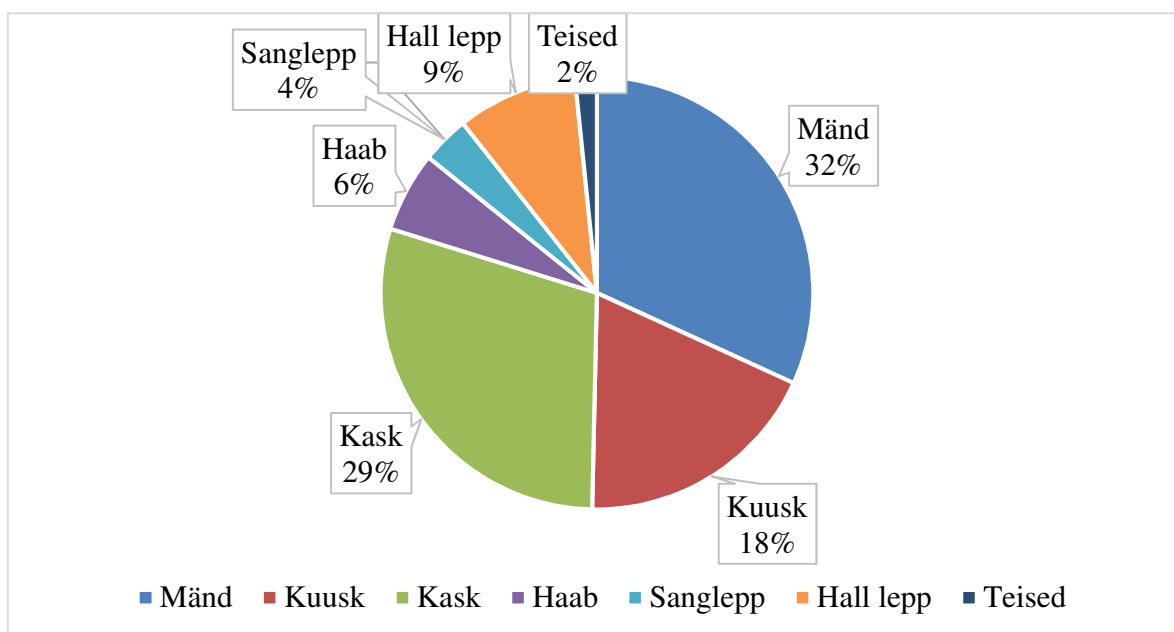
1. Uurida harvendamise mõju triploidse haavapuistu kasvutunnustele vanuses 14 kuni 16 aastat;
2. Võrrelda kirjanduse alusel jämedus- ja kõrguskasvu uuritava triploidse haava puistuga;
3. Hinnata pärna teise rinde kujundamist ja pärna kasvutunnuseid;
4. Analüüsida harvendusraie mõju mulla toitainete sisaldusele;
5. Täiendada pikaajalisi vaatlusandmeid Järvelja Õppe- ja Katsemetskonnas kvartalis 243 rajatud triploidse haava puistu kasvukäigu kohta;
6. Võrrelda looduslikult uuenenud triploidse haavanoorendiku kasvukäiku kasutusel olevate hariliku haava kasvukäigutabelite ja teiste kiirekasvuliste lehtpuude puistutega kirjanduse põhjal.

Magistritöö peamine hüpotees: harvendusraie mõju on tugevam haaviku jämeduskasvule ja nõrgem haaviku kõrguskasvule.

# 1. KIRJANDUSE ANALÜÜS

## 1.1. Ülevaade Eesti metsadest

Joonisel 1 on esitatud pindalaliselt kõige levinumad puuliigid Eestis. Haavaenamusega puistud on protsentuaalselt viiendal kohal leviku poolest ning Aastaraamat Mets (2017) alusel haavikute pindala suureneb iga aastaga.

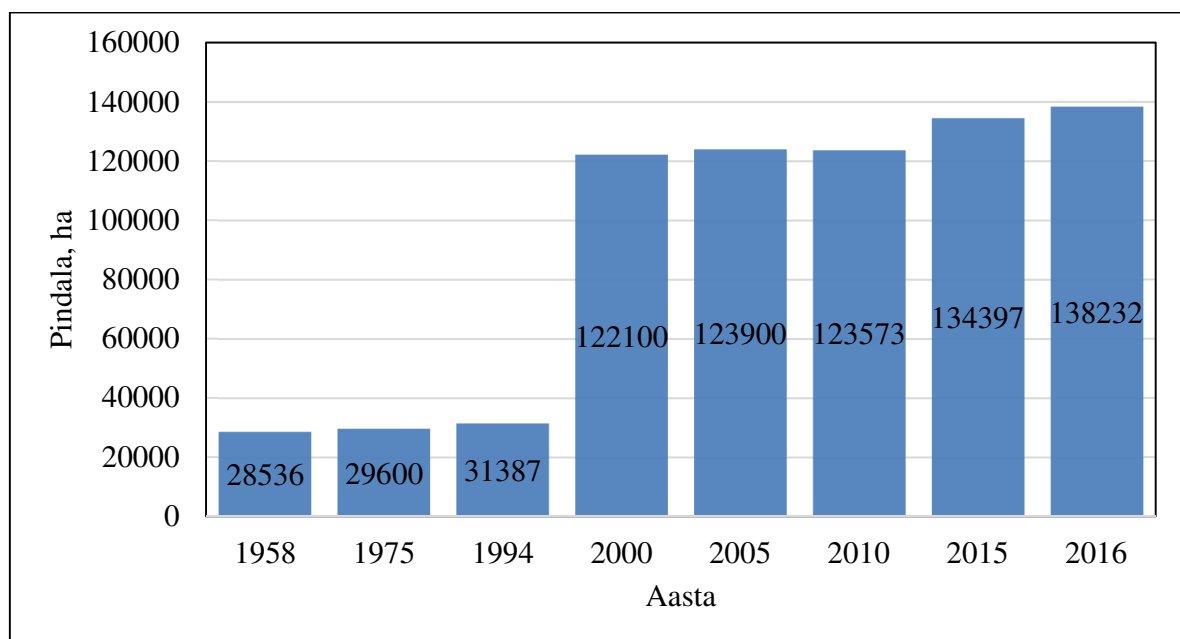


**Joonis 1.** Eesti puuliikide pindala protsentuaalne jaotus. Allikas: (Aastaraamat Mets ... 2017).



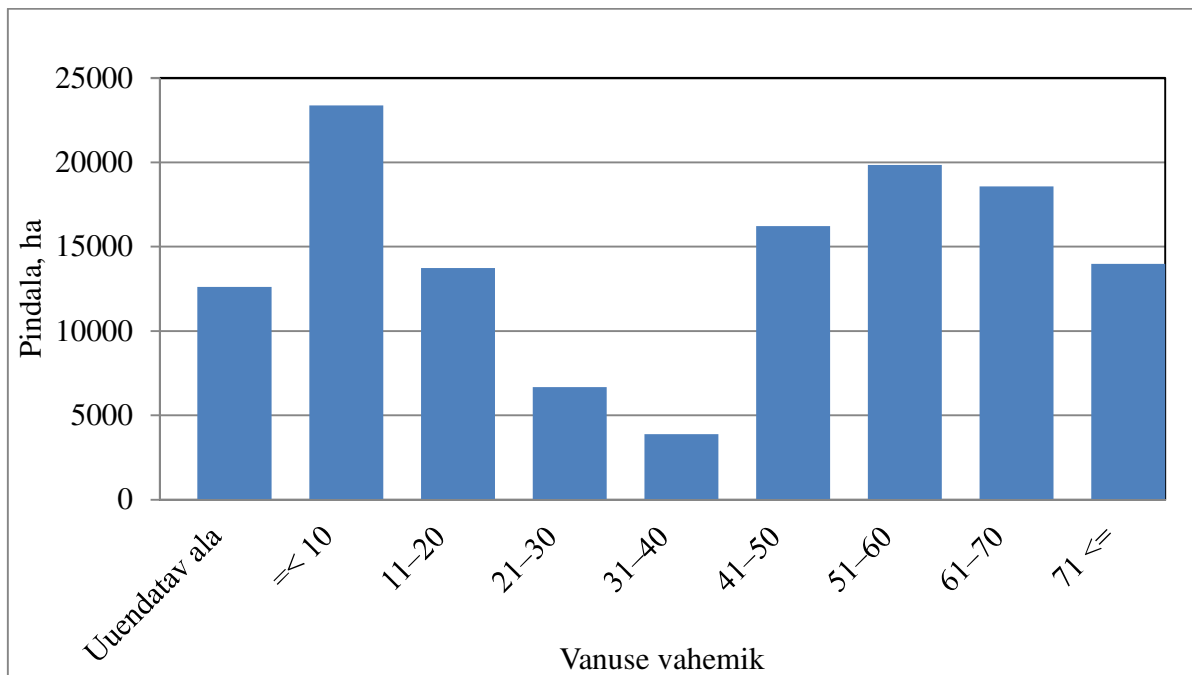
## 1.2. Ülevaade haavaressursist Eestis

Hariliku haava osatähtsus Eestis on viimase 50 aasta jooksul suurenenud. Veel 1958. aastal kasvas Eestis ligikaudu 28 536 ha haavikuid, kuid aastaks 2016 kasvas Eestis haavikuid juba 138 232 ha (joonis 2). Haavapuistute keskmine hektari kogutagavara on 36 713 000 m<sup>3</sup> ning keskmine tagavara on 226 m<sup>3</sup>/ha. Eesti metsade kogutagavarast moodustavad haavikud 6,6% (Aastaraamat Mets ... 2017).



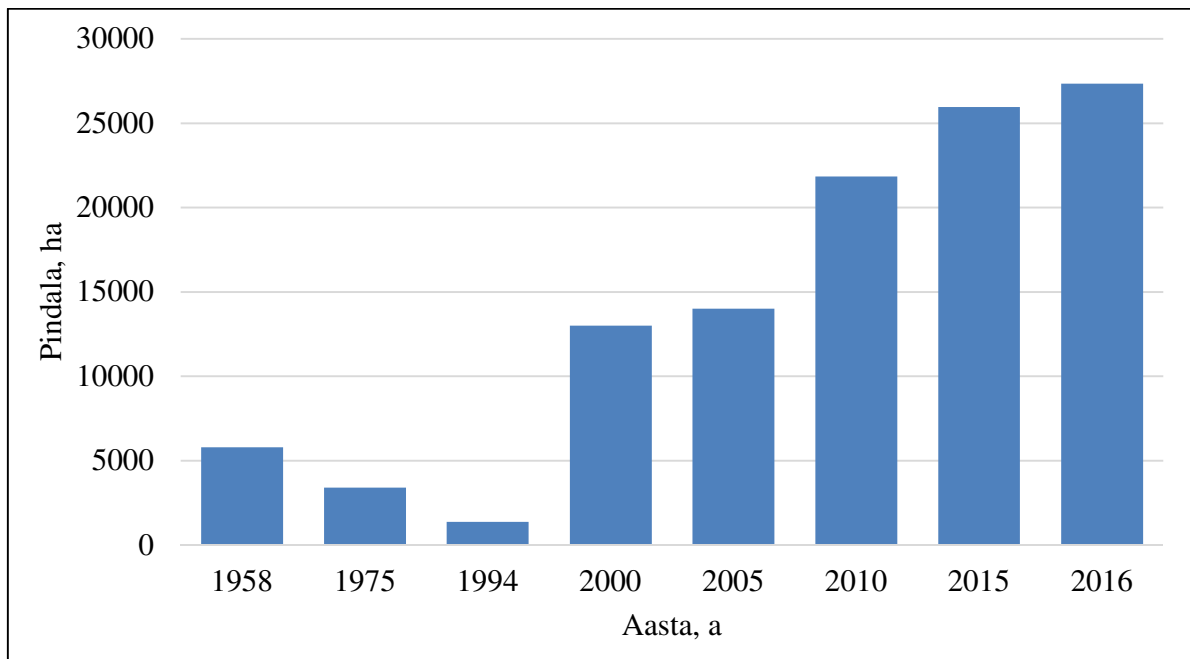
**Joonis 2.** Haavikute pindala muutus perioodil 1958 – 2016 Eesti. Allikas: (Aastaraamat mets ... 2017).

2016. aasta seis näitab, et suur hulk haavikutest on nooremad kui 10 aastat või on uuendatavad alad (joonis 3). Samas on majanduslikus mõttes suur hulk ka üle seisnud haavikuid, mis on olulised bioloogilise mitmekesisuse ja elurikkuse seisukohast (Lõhmus *et al.* 2005).



**Joonis 3.** Haavikute vanuseline jagunemine pindala põhjal seisuga 2016. *Allikas:* (Aastaraamat Mets ... 2017).

Viimase poole sajandi jooksul on alla kümneaastaste haavikute pindala mitmekordistunud. Veel 20. sajandi keskpaiku oli alla 10-aastaste haavikute pindala 5490 ha, siis aastaks 2016 kasvas pindala 27 345 hektarini (joonis 4). Haavanoorendike ja ka teiste kiirekasvuliste lehtpuude suurt pindala kasvu võib põhjendada sellega, et raiesmikke on ebapiisavalt uuendatud just erametsa poolel ning sööti jäetud põllumaade loodusliku metsastumisega (Pärt 2010).



**Joonis 4.** Alla 10-aastaste haavikute pindala aastast 1958 kuni 2016. *Allikas:* (Aastaraamat Mets ... 2017).

### 1.3. Triploidne haab

Triploidne haab on triploidse ( $3n = 57$ ) kromosoomistikuga diploidse ( $2n = 38$ ) hariliku haava teisend (Tamm 2000). Esimesed triploidse haava isendid avastas Nilsson-Ehle Rootsis 1935. aastal ning aastaks 1940 oli teada 9 triploidse haava kasvukohta – Põhja-, Kesk- ja Lõuna-Rootsis (Tamm 2000). Samuti on leitud 28 triploidse haava klooni Soomes Nonabeli järve äärest (Kiilunen 1996). Eestis on triploidset haaba leitud Pikknurmel, Tähtverel, Öisul ja Järveljal (Vares *et al.* 2003). Nii nagu ka teiste taimede puhul, esineb ka triploidsetel haabadel organite hiidsust. Tamm (2000) järgi on õhulõhe sulgrakud triploididel suuremad kui diploididel. Selgus, et diploidsete haabade õhulõhe sulgrakkude keskmine pikkus on  $24 \mu$  ning triploidsetel haabadel  $29 \mu$  (Tamm 2000). Vaatamata sellele, on mõlema vormi õhulõhe sulgrakkude pikkused üsna varieeruvad. Samuti selgus Tamme (2000) uuringus, et urbade ja lehtede mõõtmed on triploidsetel vormidel suuremad kui diploidsetel. Diploidi emasurva pikkus varieerub 4 – 9 cm-ni ja läbimõõt 7–12 mm-ni, triploidil vastavalt 4–10 cm ning 9–16 mm (Tamm 2000).

Triploidse haava eeliseks on tema kodumaine päritolu, mistõttu on ta kohastunud kasvama meie kliimas, tal on suur produktsioon ja hea vastupanuvõime südamemädanikule (Tamm 2000). Anatoomilised uurimised on näidanud, et triploidse haava puidus on rohkem tugirakke, kuid vähem sooni ja säsikiiri kui diploidisel haaval (Jablokov 1963; Žigunov *et al.* 2014). Tamme (2000) järgi selgus, et diploidse kromosoomistikuga haabadel moodustas südamemädanik 14% ja triploidse kromosoomistikuga haabadel ainult 4,5% mudelpuude mahust. Südamemädanikku põhjustava haavataeliku seeneniidistiku arenemiseks on vaja õhku ja niiskust (Tamm 2000), mida puidu tugirakkudes on vähem kui soontes ja säsikiirtes (Saarman, Veibri 2006). Selletõttu ka arvatakse, et puidu selline anatoomiline ehitus tagab kiirema kasvu kõrval ka suurema mädanikukindluse (Tamm 2005).

## **1.4. Hooldusraied lehtpuumetsades**

### **1.4.1. Hooldusraied haavikutes**

Aastaraamat Mets (2017) alusel on 2015. aastal haavikutes hooldusraieid tehtud 36 000 m<sup>3</sup>. See on 2,3 % kogu hooldusraiete mahust Eestis.

Lehtpuu puistud on noores eas väga kiirekasvulised ja produktiivsed (Tullus 2016). Lehtpuupuistu tuleviku kasvukäik sõltub noores eas rakendatud metsakasvatustlikest võtetest (Rytter 2006). Kui valgustusraie käigus jätta madal arv puid, süüakse metsloomade poolt suur osa ära ning tulemuseks on rikutud mets, kus tuleb oodata aastaid uue metsapõlvkonna saamiseks (Tullus, Vares 2001). Alates haaviku 10. eluaastast kuni 20-aasta vanuseni tehakse harvendusraiet, mille käigus viiakse puistu täius maksimaalselt 80%-ni (Tullus, Vares 2001). Samas on ka soovitusi, mille kohaselt, võib vanuses kuni 10 aastat haavikus teostada valgustusraiet ning esimese harvendusraie võib teha 20–25-aastaselt ja teise 25–30-aastaselt vahega 4–6 aastat, mille eesmärgiks on kiirendada allesjäänud puude jämeduskasvu (Tullus 2016). Säilitatakse looduslikult tekkinud kõvalehtpuud, pärnad ja kuused (Kollo 2015). Puid tuleb jätta rohkem optimaalsest arvust ehk 1000–1200, sest osa kahjustavad põdrad (Tamm 2000). 20–30 aasta vanuselt tehakse haavikutes harvendusraiet alameetodil ja sanitaarraie põhimõttel, raiudes välja ulukite poolt kahjustatud ning kasvus alla jäänud puud. Võib raiuda ka

ülevalitsevaid puid, kuid sel juhul peavad kõrval kasvavad puud olema elujõulised ja terved (Tullus 2016).

Tamme (2000) järgi väheneb rinnaslõikepindala pärast harvendusraiet, kuid selle taastumine on kiire. Ü. Tamme (2000) katsete alusel vähendati 41-aastase haaviku täiust 20% võra ja rinnaslõikepindala vähenes 7,6 m<sup>2</sup>/ha. Raiejärgne taastumine oli keskmiselt 1m<sup>2</sup>/ha/, mis tähendab, et rinnaslõikepindala taastub 7,6 aastaga. Tamm (2000) tegi ühe olulise järelduse, et haavikute ristlõike pindala ei suurene oluliselt üle 30-aastastes puistutes, mistõttu on viimane harvendusraie mõistlik teha 25–35 aasta vanuselt. Harvendusraie positiivne mõju avaldub ka lehemassi suurenemises, mis tuleneb valgustingimuste paranemisest (Tamm 2000). Ka Muiste (1960) järgi suureneb haaviku diameetri juurdekasv pärast harvendusraiet ja suurimat diameetri juurdekasvu näitas rohelistekooreline haab.

Harvendamise positiivset mõju haavikute jämeduskasvule näitavad ka mitmed välismaal tehtud uuringud. McCarthy, Rytter (2015) viisid läbi teadusliku töö, milles uuriti hooldusraiete mõju võsutekkelisele teise põlvkonna hübriidhaavale. Kokku sooritati kolm katset: 1) 1–4-aastastel katsealadel, kus mõõdeti esialgset kasvukäiku; 2) uuriti hooldusraie mõju 12-aastase haaviku biomassile ainult ühel katsealal ning 3) toimus 4 aasta pärast samal katsealal teine hooldusraie. Teise katse tulemustest selgus, et harvendatud katsealadel oli puude rinnaslõikepindala ja tüvemaht suurem kui kontrollalal, kus hooldusraiet ei tehtud. Lisaks tehti järeldused, et noores eas on haavikute hooldusraie eriti vajalik, sest valgustingimuste paranemisel ning puude omavahelise konkurentsi vähenemisel kasvab alles jätud puude biomass ja rinnaslõikepindala. Puistut ei tohi aga liialt hõredaks raiuda, sest tulevikus võib loomuliku väljalangemise tõttu kaotada väärtuslikku puitu.

2007. aastal viisid Rytter ja Werner läbi teadusliku uuringu, milles uuriti kaheksat lehtpuu puistut. Enne harvendust valiti välja tulevikupuud. Puuliikideks olid arukask, harilik haab, must lepp ning harilik haab. Igas puistus rakendati kolme erinevat meetodit: 1) harvendust ei tehtud (kontrollalad); 2) mõõdukas harvendus ning 3) tugev harvendus. Tulevikupuude kasvu jälgiti viiel järjestikusel aastal ning jõuti järeldusele, et harvendatud aladel kasvas puude diameeter rinnakõrguselt jämedamaks ning võra pikkus ja laius suuremaks kui harvendamata

kontrollaladel. Kasvu modelleerimine järgnevas 10-ks aastaks näitas, et puude jämeduskasv on tunduvalt aeglasem kontrollalal kui harvendatud aladel.

Zeps *et al.* (2016) kogusid andmeid uuringu jaoks hübriidhaava, diploidse ja triploidse haava klooni võrdluskatses Lätis, mis oli rajatud endisele põllumaale. Katsealal tehti mõõtmisi 8-, 10- ja 12-aastaselt ning 18- aastaselt. 12-aastaselt tehti ka harvendus, mille käigus raiuti välja iga teine puu. Lätis läbi viidud uuring Zeps *et al.* (2016) poolt tõestab samuti asjaolu, et harvendamine noores eas kiirendab haabade juurdekasvu. Suurim juurdekasv oli täheldatud 39 m<sup>3</sup>/ha/a, arvestades ka väljaraiutud, puitu 18-aastaselt parimal haavaklooni katsealal.

Kuna peale harvenduse on veel ka laasimisega võimalik parandada haava puidu kvaliteeti, siis Krigul (1968) on uurinud laasimise haavikut, milles laasiti kuivanud ja ka terveid oksid ligikaudu 15% ulatuses puutüvest. Tulemused näitasid, et 0,5–1,5 cm läbimõõduga kuivade okste laasimise lõikehaavad kasvasid kinni 2–6 aasta jooksul ning elavate 0,6–2 cm okste lõikekohad kasvasid kinni 3–5 aasta jooksul. Kuna laasimisega eemaldatakse oksad puutüvelt, siis Kriguli soovitusel on laasimise tegemine väga tähtis, sest nii võib väärtusliku tarbepuidu väljatulekut suurendada 2–3 korda.

#### **1.4.2. Hooldusraietega kaasnevad probleemid haavikutes**

Kuigi hooldusraied on peamine viis metsamajandamiseks, kõrge produktiivsusega ja kvaliteediga puistu kasvatamiseks, kaasneb ka hooldusraietega probleeme, mida tuleb vältida või nende mõju minimeerida. Tihti esineb pärast puistu harvendamist tuule- ja lumekahjustust, sest puistu muutub hõredamaks (Laas *et al.* 2011). Teine peamine probleem, mis esineb pärast puistu harvendamist, on kitse- ja põdrakahjustused (Tullus 2001). Pärast harvendust on puistus palju rohkem ruumi, seega on ulukitel seal palju parem liikuda.

Gilmore *et al.* (2006) kirjeldasid oma artiklis, et harvendusraie teostamisel võib kahjustuda tervete puude koor, mille tulemusena võib puud nakatada haavataelik (*Phellinus tremulae*) ning samuti muutub mehaaniliselt kahjustatud puu vähem vastupidavamaks putukate kahjustustele.

Kui teha harvendusraieid liiga hilja, haaviku puhul on selleks vanuseks 30–40 aastat (Tullus 2016), siis puidu kvaliteeti sellega enam tõsta ei saa ning üldjuhul on haavikud selles vanuses mädanikust kahjustatud.

## **1.5. Harilik pärn**

### **1.5.1. Hariliku pärna üldkirjeldus**

Pärnaliste (*Tiliaceae*) sugukonnast on pärnade (*Tilia*) perekond olulisim ja tuntuim. Pärnaliste perekonna moodustavad 25–50 üksteisest raskesti eristatavat heitlehist puuliiki Euroopa, Aasia ning Põhja-Ameerika parasvöötmetest ja lähistroopikast ning leidub liike ka troopikast (Sibul 2012). Kõigil pärnadel on ümarad või laimunajad ning tavaliselt südaja või viltusealuse ning teravneva tipu ja saagja või hambulise servaga lihtlehed (Sibul 2012). Kollakasrohelistes või valged õied on tugeva lõhnaga ja on meelikkad ning koonduvad kannastesse (Sibul 2012). Pärn on Eestis kodumaine puuliik ja lehtpuudest kõige varjutaluvam ning selletõttu pärn jõuab ülarindesse harva ning jääb puistutes tavaliselt alusmetsa või teise rinde puuks. Pärn eelistab kasvada parasniisketel viljakatel ja huumusrikastel muldadel, tavaliselt koos teiste lehtpuudega nagu haab, arukask ja harvem sanglepp ning lisaks ka kuusega. Kuna harilik pärn on küllalt aeglasekasvuline, eriti nooremas eas, võib ta heades kasvutingimustes kasvada kuni 35 meetri kõrguseks. Pärn on ka pikaeline puu ja võib elab 300–400 aasta vanuseks (Laas 1987), kuid mõnikord võib pärna eluiga küündida 600 aastani (Sibul 2012). Pärn on kerge ja pehme puiduga (tihedus 0,53–0,57 g/cm<sup>3</sup> ning värvuselt valge või kreemikas, kergelt pruuni või punaka varjundiga ning on nõrga vastupanuga mädanikele ja kahjuritele (Saarman, Veibri 2006). Pärna puidul on head tehnilised ja esteetilised omadused. Sellel on tavaline, peen, ühtlane ja sirgjooneline tekstuur, mis sobib spooniks (Saarman, Veibri 2006). Pärn on maltspuiduline ja puidu aastarõngad on väga peenikesed (Jaegere *et al.* 2016).

### 1.5.2. Harilik pärn metsakasvatuses

Hariliku pärna puhtpuistuid on ülimalt vähe (Jensen, Euforgen 2003). Sageli esineb pärna segapuistutes, kasvades üksikpuudena või gruppidega (Jaegere *et al.* 2016). Lääne-Euroopas (Belgia, Prantsusmaa) ning ka Eestis on puistuid, milles moodustab harilik pärn omaette rinde, kasvades tamme, saare, haava ja kase segapuistutes esimese rinde varjus (Lokko 2014; Jaegere *et al.* 2016). Pigott (1991) ja Hagen-Thorn *et al.* (2004) järgi soodustab pärn mulla toitaineeringlust, sest pärna lehevaris on mineraalainete rikas ja selle kiirel lagunemisel on positiivne mõju mullaviljakusele, eriti toitainete-vaesemates kohtades. Jaworski *et al.* järgi (2005) on muld, millel kasvab pärn, kaltsiumirikas. Seetõttu pärna olemasolu segapuistus vähendab muldade hapestumist (Jaegere *et al.* 2016).

Ka Eestis on hakatud üha rohkem tähelepanu pöörama pärnapuistute teadlikule kujundamisele. Hariliku pärna (*Tilia cordata*) harvendusraie katseala Järveljal (2014) järgi on Eestis Järvelja Õppe- ja Katsemetskonna kvartalil 260 rajatud pärna harvendusraie katseala. Katsealal kasvavad lisaks pärnale harilik kask, sookask ja harilik haab. Puistus rakendati kolm harvendusmeetodit: 1) väljaraie 20%; 2) väljaraie 30% ning 3) kontrollala.

Kasvatada pärna puhtpuistuid lagedal alal pole soovituslik, sest noored puud vajavad kaitset otsese päikesevalguse eest. Siit tuleneb ka soovitus kasutada pärna teise rinde puuna (Jaegere *et al.* 2016). Näiteks võib pärna istutada samaaegselt tammega või nende varju pärast harvendust (Jaegere *et al.* 2016). Istutades pärna teiste puuliikidega, on optimaalne tihedus 800–1000 taime hektari kohta (Jaegere *et al.* 2016).

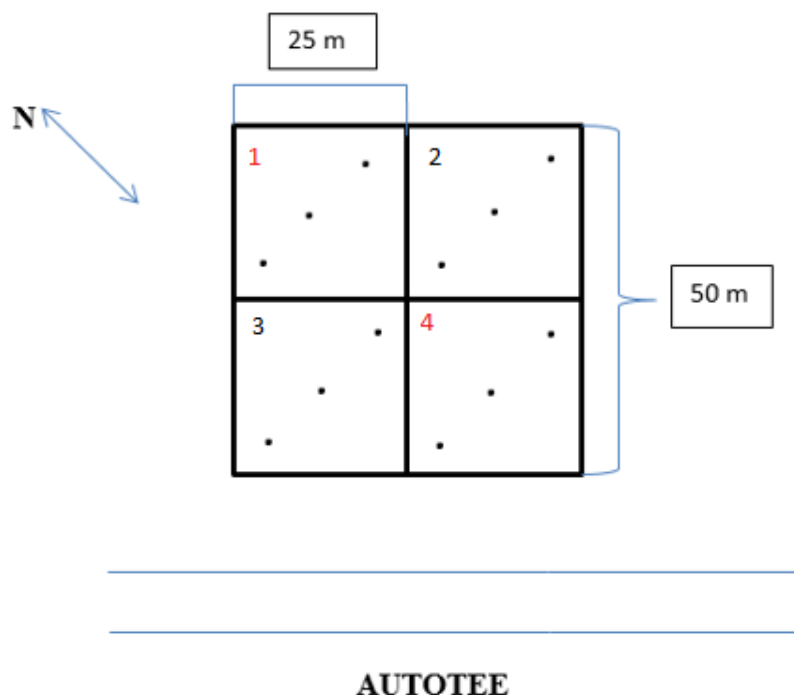
Lokko (2014) mõõdetud pärna teine rinne 70-aastases Haavametsa haavikus oli järgnevate mõõtmetega: keskmine kõrgus oli 18,1 m, keskmine rinnasdiameeter 17 cm ning rinnaslõikepindala 6,2 m<sup>2</sup>/ha.



## **2. MATERJAL JA METOODIKA**

### **2.1. Uuritav katseala**

Magistritöö koostamiseks tehti mõõtmisi Eesti Maaülikooli SA Järvelja Õppe- ja Katsemetskonnas, kvartal 243 asuvas triploidse haava uuenduse puistus. Vastavalt juhendajatelt saadud andmetele, tehti kvartalis 243 asuva naadi kasvukohatüübi triploidse haava puistu lõunapoolses osas lageraie 2000. aasta talvel. Raiesmik jäeti vegetatiivsele uuenemisele. Raiesmikule ei jäetud ühtegi seemnepuud ega säilikpuud. Uuritava katseala triploidse haaviku vanus oli 2016. aasta sügise seisuga 16 aastat. Puistu on jagatud neljaks ruudukujuliseks proovitükiks (joonis 5). Iga ruudukujulise tüki külgede pikkused on 25 m ehk pindala 625 m<sup>2</sup>. Kogu katseala külgede pikkus on 50 m. Katseala on tarastatud, vältimaks ulukite kahjustusi. Tarast väljaspool olev haavanoorendik sai juba esimeste raiejärgsete aastate jooksul suuri kahjustusi põtrade poolt (Kollo 2015)



**Joonis 5.** Triplodse haava loodusliku uuenduse tarastatud ala katseskeem kvartalis 243.

Punaste numbritega on märgitud harvendatud proovitükid. Mustad täpid tähistavad mullaproovide asukohti. Paralleelsed sinised jooned tähistavad autoteed.

Esimene valgustusraie proovitükkidel 1 ja 4 tehti 2004. aastal, mil mets oli 4 aasta vanune. Raiuti teise rinde puuliike: pärna ja pajusid. 2005. aasta kevadeks oli metsa kõrgus 3,2 m ja diameeter 1,7 m (Noorte lehtmetsade kasvukäigu ja hooldamise katse-näidisalad järveljal ja selle lähiümbruses 2005). Pärast 2004. aasta raiet jäi proovitükile 4 kasvama 7814 haaba hektarile ning juba 2006. aasta suvel tehti järjekordne raie, kus viidi proovitüki tihedus 5000 puuni hektari kohta. 2009. aastal alustati haavanoorendikus harvendusraie püskatsega, kui 1. ja 4. proovitükil teostati tugeva-astmeline harvendusraie (Lokko 2014). Pärast raiet jäi 1. proovitükil alles 130 puud (2080 tk/ha) ning 4. proovitükil 125 puud (2000 tk/ha) (Lokko 2014). Proovitükid 2 ja 3 jäeti kontrollaladeks, kus raieid pole teostatud. Pärast harvendusraiet nummerdati proovitükkidel 1 ja 4 kõik kasvama jäänud haavad. Kõikidel nummerdatud puudel mõõdeti kõrgus ja rinnasdiameeter. 2011. aastal raiuti proovitükil 4 ja 1 veel 25 puud, mis vähendas puistu tihedused 1584 tk/ha proovitükil 4 ja 1680 tk/ha proovitükil 1. aastal 2014.

jätkas magistritöö autor proovitükk 4 harvendamist ning haava tihedus viidi 1280 tk/ha-ni. 2014. aastal nummerdati proovitükkidel 2 ja 3 juhuslikult 50 haaba ühtlaselt üle proovitüki.

2014. aastal alustas magistritöö autor (Kollo 2015) proovitükkide 1 ja 4 pärna alusmetsa kujundamist hooldusraiete abil. Ka Järvelja Õppe- ja Katsemetskonna eeskirjad näevad ette pärna enamusega metsade kasvu soodustamist (Järvelja looduskaitseala kaitsekorralduskava 2012). Raiuti välja peenemad pärnad ja harvendati kohti, kus pärnad kasvasid tihedamate gruppidega. Jäeti alles kõige jämedamad ja elujõulisemad puud. Pärast harvendust mõõdeti alles jäänud pärnadel diameeter rinnakõrguselt ja kõrgus. Proovitükil 1 mõõdeti kokku 185 pärna ning proovitükil 4 mõõdeti 117 pärna. Allesjäänud pärnad nummerdati edasiseks kasvu analüüsiks plastiknumbritega.

Proovitükile 1 jäi kasvama 2960 ja proovitükile 4 jäi 1872 pärna hektarile. Lisaks hinnati ära proovitükil 1 ja 4 alusmetsa ligikaudne kuuskede arv, mis proovitükil 1 oli 2128 ja proovitükil 4 oli 2400 kuuske hektarile.

Magistritöö autor sooritas Haavametsa triploidses haavikus kvartalil JS243, eraldisel 10 järgmised välitööd:

- 1) 22.09.2014 uuendati proovitükkide 1 ja 4 haabade nummerdust;
- 2) 18.10.2014 mõõdeti kasvavate haabade takseertunnused (kõrgus, rinnasdiameeter);
- 3) 21.10.2014 raiuti 19 haaba proovitükil 4, kus peale raiet jäi alles 80 puud;
- 4) 24.11.2014 ja 21.04.2014 harvendati pärna teist rinnet ning kasvama jäänud puud nummerdati ja mõõdeti nende takseertunnused (kõrgus ja rinnasdiameeter);
- 5) 2015–2016 mõõdeti 1. ja 4. proovitükkidel haava ja pärna takseerandmed;
- 6) 2015. aastal nummerdati 2. ja 3. proovitükil 50 haaba ning mõõdeti nende takseertunnused (kõrgus, rinnasdiameeter);
- 7) 2015–2016. aastal mõõdeti 1. ja 4. proovitüki teise rinde pärnad;

8) 2017. aastal rajati ringproovitükid raadiusega 2 m, kust võeti mullaproovid, analüüsimeks mulla toitainete sisaldust.

Puude kõrgused mõõdeti mõõteseadmega Vertex IV (täpsusega 0,1 m) ja rinnasdiameetrid kahes ristiolevas suunas metsaklupiga (täpsusega 0,1 cm).

2017. aasta sügisel koguti igalt proovitükilt kolmes korduses mullaproovid (joonis 5), et määrata mulla toitainete sisaldused, mulla happesus ( $\text{pH}_{\text{KCl}}$ ) ja orgaanilise aine sisaldus. Mullaproovid võeti esimesest 0–20 cm kihist. Iga mullaproov asetati eraldi kilekotti ning viidi Eesti Maaülikooli Taimebiokeemia laborisse, kus määrati mulla happesus ( $\text{pH}_{\text{KCl}}$ ) 1 N KCl lahusest, üldlämmastik (N, %) Kjeldahli meetodil, omastatavad fosfor (P, mg/kg) ja kaalium (mg/kg) AL-meetodil, omastatavad kaltsium (Ca, mg/kg) ja magneesium (Mg, mg/kg) ammooniumatsetaadi 1M ( $\text{pH}=7,0$ ) lahusest ning orgaanilise aine (OrgC) sisaldus LOI meetodil ( $360^\circ \text{ C}$  juures põletamine).

**Tabel 1.** Uuritava katseala toitainete sisaldus mullas

Prooviring	Proovi-tükk	$\text{pH}_{\text{KCl}}$	N %	P <sub>mg/kg</sub>	K <sub>mg/kg</sub>	Ca <sub>mg/kg</sub>	Mg <sub>mg/kg</sub>	OrgC %
1	1	4,27	0,222	9,07	49,41	639,4	59,61	5,15
2	1	4,04	0,259	7,81	69,58	487,1	69,48	7,67
3	1	3,7	0,169	5,37	48,15	372,8	58,79	4,93
1	2	4,44	0,28	7,62	81,94	875	70,8	8,1
2	2	3,95	0,188	1,97	54,96	297,6	33,15	5,09
3	2	3,81	0,211	4,63	56,13	234,4	26,93	6,19
1	3	3,96	0,191	5,72	67,45	939	132,58	4,67
2	3	4,1	0,273	10,57	83,57	490,9	64,99	5,8
3	3	3,92	0,138	3,47	47,3	348,7	45,49	4,16
1	4	4,23	0,198	8,11	47,29	462,9	52,72	5,31
2	4	4,24	0,221	8,22	71,46	476,4	77,03	5,71
3	4	4	0,226	7,25	64,89	342,6	50,41	6,06

## 2.2. Andmetöötlus

Välitööde käigus kogutud andmete põhjal arvutati proovitüki tagavara järgmise valemi alusel:

$$M = G * H * F, \quad (1)$$

kus M on puistu tagavara (tm/ha);

G – puistus rinnaspindala (m<sup>2</sup>/ha);

H – puistu keskmine kõrgus (m);

F – puistu keskmine rinnakõrguse vormiarv.

Puistu keskmise rinnakõrguse vormiarv leiti M. Vausi Metsatakseerimise raamatus (2005) avaldatud valemiga:

$$F = a + \frac{b}{H} + c * \sqrt{H} + d * \ln(H), \quad (2)$$

kus F on puistu keskmine rinnakõrguse vormiarv,

H – puistu keskmine kõrgus (m).

Haava kordajad on

a= 0,8813;

b = -0,595;

c = 0,0437;

d = -0,1969.

Pärna kordajad on

a = -1,6715;

b = 7,5641;

$c = -0,3429$ ;

$d = 1,1006$ .

Puistute täiused arvutati M. Vausi Metsatakseerimise raamatus (2005) avaldatud valemiga:

$$T = \frac{G}{G_n} * 100, \quad (3)$$

kus  $T$  on puistu täius (%);

$G$  – puistu rinnaspindalade summa ( $m^2/ha$ );

$G_n$  – normaalpuistu rinnaspindalade summa ( $m^2/ha$ ).

Normaalpuistu rinnaspindalade summa arvutatati Metsakorraldamise juhendis (2009) avaldatud valemig

$$G_n = a + b * H + c * H^2 + d * \sqrt{H}, \quad (4)$$

kus  $G_n$  on normaalpuistu rinnaspindalade summa ( $m^2/ha$ );

$H$  – rinde keskmine kõrgus (m).

Haava kordajad on

$a = 7,93$ ,

$b = 1,4932$ ;

$c = -0,0076$ ;

$d = -0,9684$ .

Pärna kordajad on

$a = 11,65$ ;

$b = 2,0183;$

$c = -0,0155;$

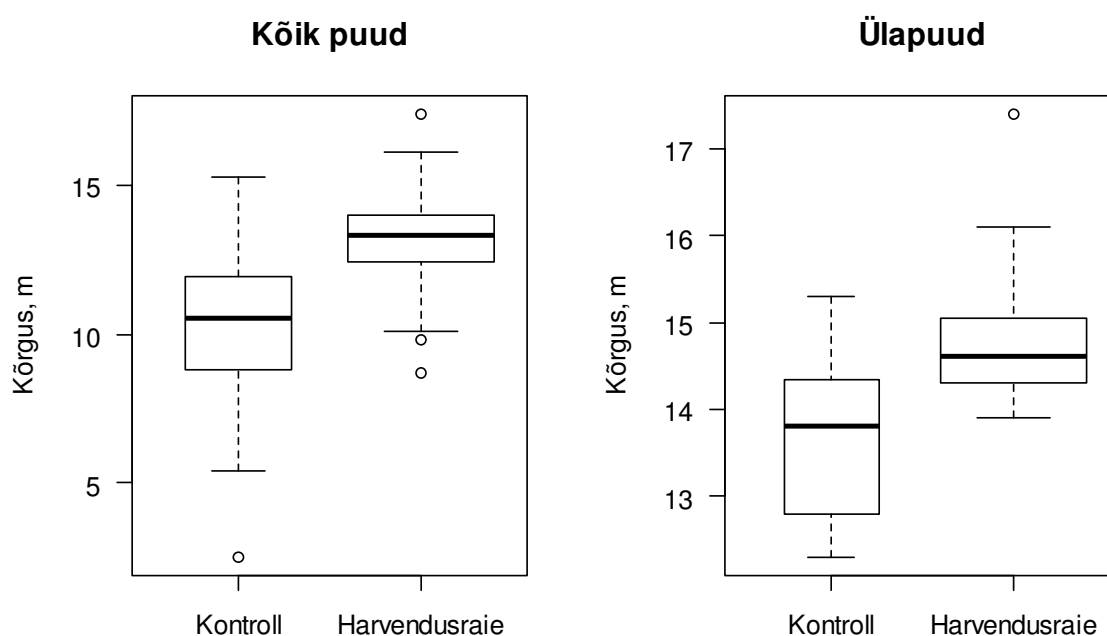
$d = -4,4908.$

Välitöödel kogutud andmed sisestati MS Excel keskkonda, kus peale esmast andmete koondamist viidi andmestik üle statistikaprogrammi R (R Development CoreTeam 2017). Andmete sobivust normaaljaotusele kontrolliti Shapiro-Wilk testiga. Ülapuudeks on 25% (alates ülemisest kvartiilist) suuremad puud rinnasdiameetri põhjal. Harvendusraie mõju puude kasvatunnustele hinnati lineaarse segamudeliga, kus proovitükki käsitleti juhusliku faktorina (R käsklus „*lmer*“). Harvendusraie mõju mulla toitainete sisaldusele ning proovitüki mõju harvendatud haava ja pärna kasvatunnustele hinnati dispersioonanalüüsiga (ANOVA). Rinnasdiameetri juurdekasvu sõltuvusest puu algsuurusega uuriti lineaarse regressioonanalüüsiga. Rakendatud mudelite jääkide jaotust ja selle sobivust normaaljaotusele hinnati teoreetiliste ja tegelike kvantiilide hajuvusdiagrammidelt (*qq-plot*). Kõikide statistiliste analüüside puhul oli olulisuse nivooks  $p\text{-value} < 0,05$ .

### 3. TULEMUSED JA ARUTELU

#### 3.1. Kõrgus

Andmete alusel, mis koguti välitööde käigus, on joonistel 6, 7 ja 8 esitatud haaviku puude kõrguse hajuvuste kirjeldused.

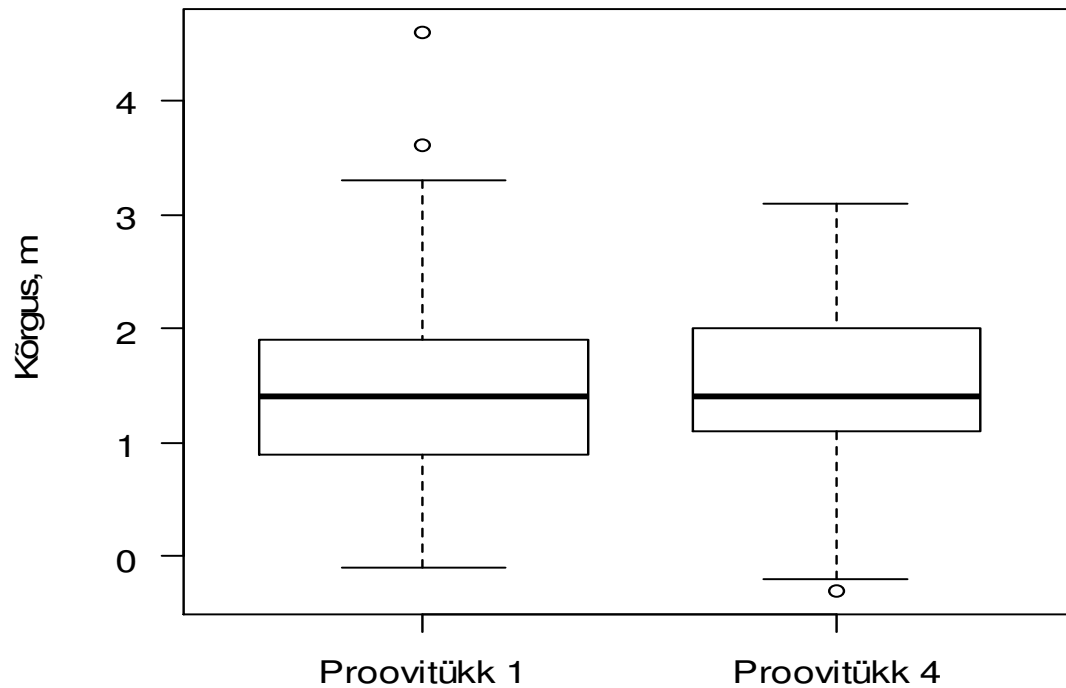


**Joonis 6.** Harvendusraie mõju kõikide puude ( $p=0,103$ ) ja ülapuude ( $p=0,196$ ) kõrgusele 16 aasta vanuses haavikus.

Joonise 6 järgi ei ole harvendusraie mõju 16-aastase puistu keskmisele kõrgusele ( $p=0,103$ ) kui ka ülapuude kõrgusele ( $p=0,196$ ) statistiliselt oluline. Kontrollala miinimum- ja maksimumväärtused on vastavalt 2,5 m ja 15,3 m ning aritmeetiline keskmine 10,4 m. Harvendatud ala miinimum- ja maksimumväärtused on vastavalt 8,7 m ja 17,4 m ning keskmine kõrgus on 13,3 m. Ülapuude keskmine kõrgus kontrollalal on 13,9 m ja harvendatud alal 14,9

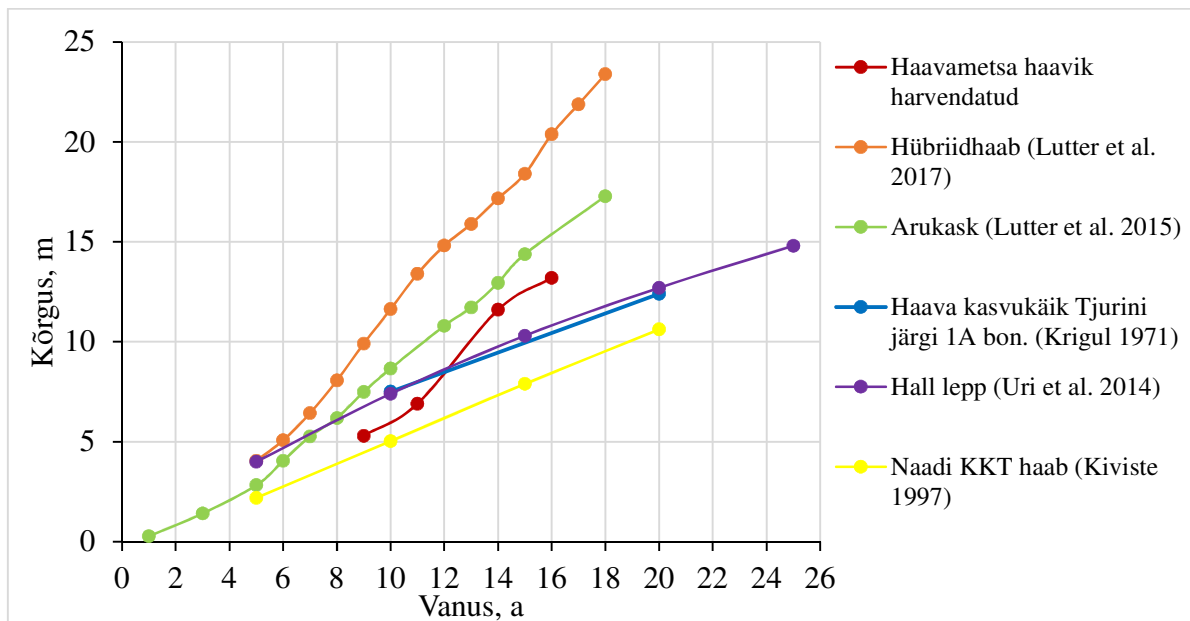


m. Sarnase tulemuse sai ka Swift *et al.* (2016) Kanadas kui 23-aastase haaviku kõrguskasvule ei olnud harvendusraie mõju avaldanud.



**Joonis 7.** Harvendatud proovitükkide 1 ja 4 kõrguse juurdekasvu võrdlus vanuses 14 (Kollo 2015) kuni 16 aastat.

Proovitükkide 1 ja 4 kõrguse juurdekasv vanuses 14 (Kollo 2015) kuni 16 aastat ei erine statistiliselt ( $p=0,950$ ), mis tähendab, et kõrguse juurdekasv on olnud mõlemal harvendatud proovitükil ühtlane (joonis 7). Proovitükk 1 miinimum- ja maksimumväärtused on vastavalt 9 m ja 17,4 m ning keskvärtus on 12,6 m. Proovitükk 4 miinimum- ja maksimumväärtused on vastavalt 7,7 m ja 16,1 m ning keskvärtus on 12,7 m.

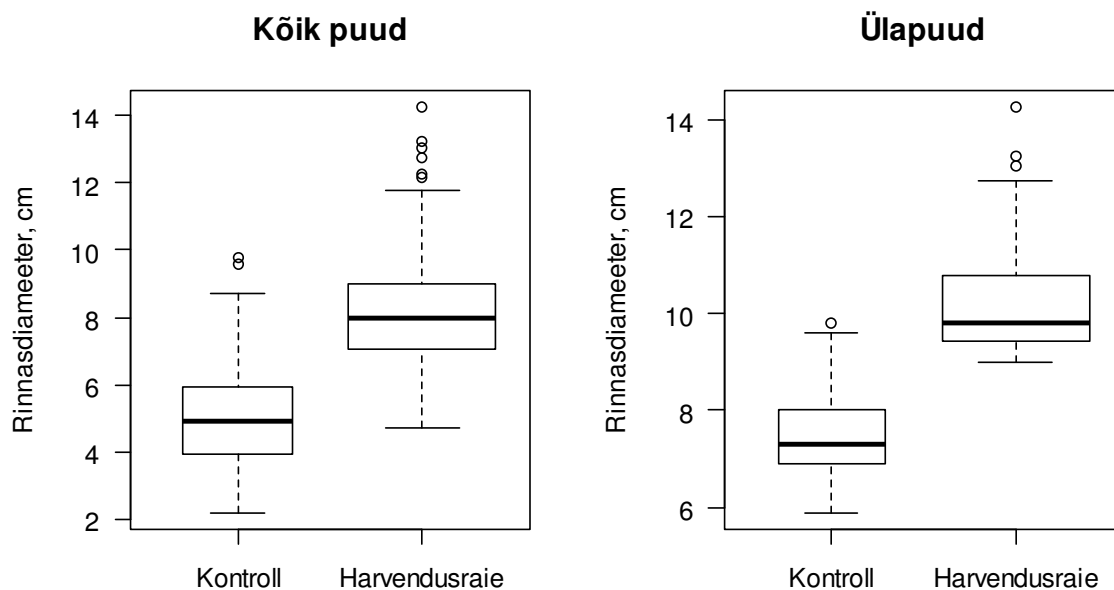


**Joonis 8.** Haavametsa harvendatud proovitükkide kõrguskasvukäigu võrdlus teiste kiirekasvuliste lehtpuuliikide kõrguse kasvukäikudega.

Joonisel 8 on võrreldud Haavametsa haaviku harvendatud proovitükkide kõrguskasvu teiste Eestis kasvavate kiirekasvuliste lehtpuuliikidega. Harvendatud proovitükkide kõrguskasv hakkas ületama 12-aastaselt haava kasvukäigutabelite prognoose metsamaal Tjurini (1971) järgi ning halli-lepa kõrguskasvukäiku Uri *et al.* (2014) järgi.. Haavametsa haavik ületab ka kõrguskasvult naadi kasvukohatüübi haavikut Kiviste (1997) järgi. Samas jääb harvendatud proovitükkide kõrguskasv alla hübriidhaava (Lutter *et al.* 2017) ja arukase (Lutter *et al.* 2015) kasvukäigule põllumaa kultuurides. Kõige kiirema kõrguskasvuga on hübriidhaab, mille keskmine kõrgus 16-aastaselt oli 20,4 m (Lutter *et al.* 2017). Võrdluseks oli Haavametsa harvendatud proovitükkide keskmine kõrgus 16-aastaselt 13,3 m. Arukasel oli keskmine kõrgus samas vanuses 17,3 m (Lutter *et al.* 2015) ning hallil lepal 15 aasta vanuses 10,3 m (Uri *et al.* 2014), haavikul Tjurini (1971) järgi veidi üle 10 m ning Kiviste (1997) naadi kasvukohatüübi haavikus 15-aastaselt 7,9 m. Arvestades eeltoodud andmeid on triploidse haava kõrguskasvukäik kiirem kui diploidse haaval.

### 3.2. Rinnasdiameeter

Andmete alusel, mis koguti välitööde käigus, on joonistel 9,10, 11, 12, 13 ja 14 esitatud haaviku puude diameetri hajuvuste kirjeldused.

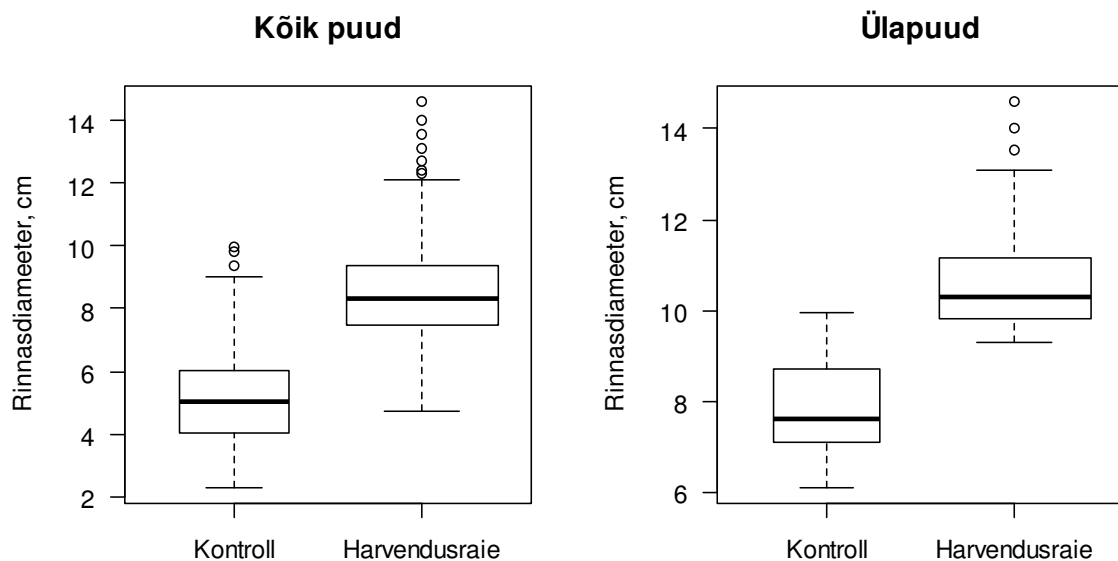


**Joonis 9.** Harvendusraie mõju kõikide puude ( $p=0,023$ ) ja ülapuude ( $p=0,011$ ) rinnasdiameetrile 14-aasta vanuses haavikus.

Joonise 9 järgi on harvendusraie mõju nii kõikide puude keskmisele rinnasdiameetrile ( $p=0,023$ ) kui ka ülapuude rinnasdiameetrile ( $p=0,011$ ) statistiliselt oluline. Kontrollala miinimumväärtus on 2,2 cm ja maksimumväärtus 9,8 cm ning keskvärtus on 5,1 cm. Harvendatud ala miinimum- ja maksimumväärtused on vastavalt 4,7 cm ja 14,3 cm ning keskvärtus on 8,2 cm. Ülapuude keskmine diameeter kontrollalal on 10,7 cm ja harvendatud alal 7,8 cm. Erinevus on statistiliselt oluline ( $p=0,011$ ). Tuleb arvestada, et kuna viimane harvendusraie tehti 14-aastaselt alameetodil, raiudes välja peenemad ja väiksemad puud, siis mõjutab see harvendatud proovitükkide keskmist rinnasdiameetri väärtust. Antud erinevus tuleneb nii harvenduse positiivsest mõjust, sest katsealal on harvendust tehtud ka eelnevatel

aastatel, kui ka sellest, et harvendusejärgselt suureneb keskmine puistu diameeter väiksemate puude väljaraie tõttu.

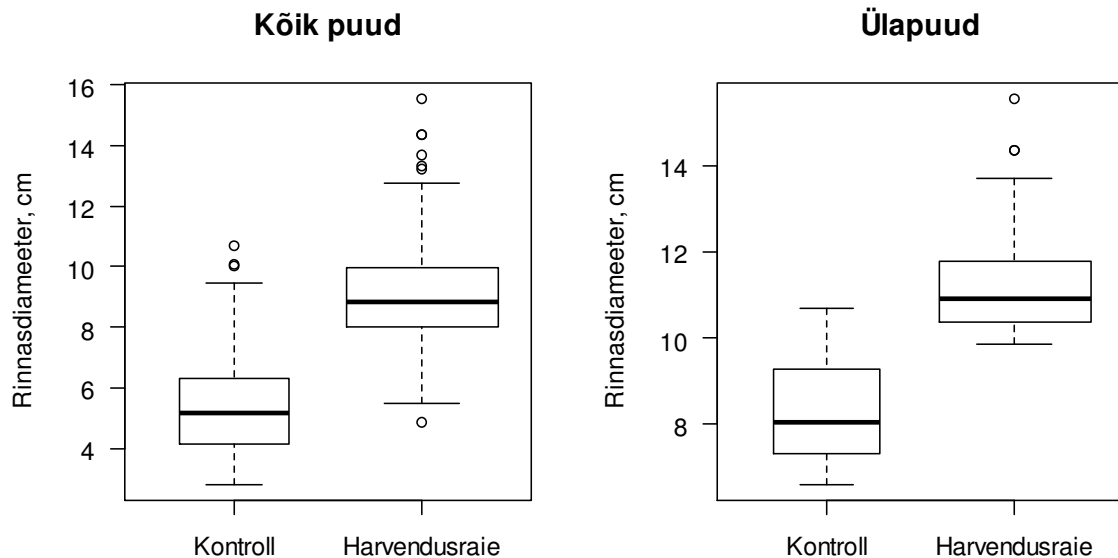
Harvendusraie järgselt ei reageeri puud koheselt, sest selleks on vajalik teatud aeg. Tuleb arvestada, et antud katsealal on harvendusraieid tehtud haavikutele mitteomaselt juba noorest vanusest saadik (Lokko 2014). Uuritaval katsealal on valgustusraietega alustatud juba 5 aasta vanuses (Noorte lehtmetsade kasvukäigu ja hooldamise katse-näidisalad Järveljal ja selle lähiümbruses 2005), mistõttu on ka ülapuude rinnasdiameeter pikaajaliselt positiivselt harvendustest ja harvendusraietest mõjutatud. Rytteri ja Werneri (2007) järgi kulub harvendusjärgseks puude reageerimiseks vähemalt üks aasta. Põhjenduseks on puude harjumine uute valgus- ja toitumistingimustega. Peale harvendust alles jäänud puudele tekib rohkem ruumi võra laiendamiseks ning paranevad toitumis- ja valgustingimused.



**Joonis 10.** Harvendusraie mõju kõikide puude ( $p=0,022$ ) ja ülapuude ( $p=0,003$ ) rinnasdiameetrile 15 aasta vanuses haavikus.

Sarnaselt 14 aasta tulemustele, on 15-aastaselt harvendusraie mõju nii kõikide puude ( $p=0,022$ ) kui ka ülapuude ( $p=0,003$ ) rinnasdiameetrile statistiliselt oluline. Kontrollala miinimum- ja maksimumväärtused on vastavalt 2,3 cm ja 10 cm ning keskvärtus on 5,3 cm. Harvendatud ala

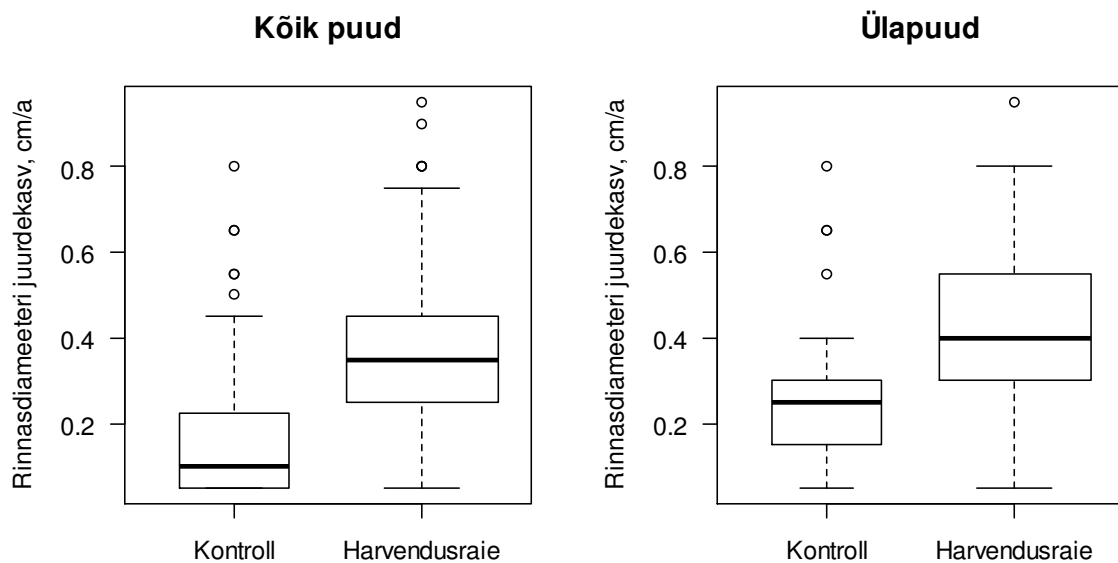
miinimum- ja maksimumväärtused on 4,8 cm ja 14,6 cm ning keskvärtus on 8,5 cm (joonis 10). Ülapuude keskmine diameeter kontrollalal on 8,2 cm ja harvendatud alal 11,1 cm.



**Joonis 11.** Harvendusraie mõju kõikide puude ( $p=0,020$ ) ja ülapuude ( $p<0,001$ ) rinnasdiameetritele 16 aasta vanuses haavikus.

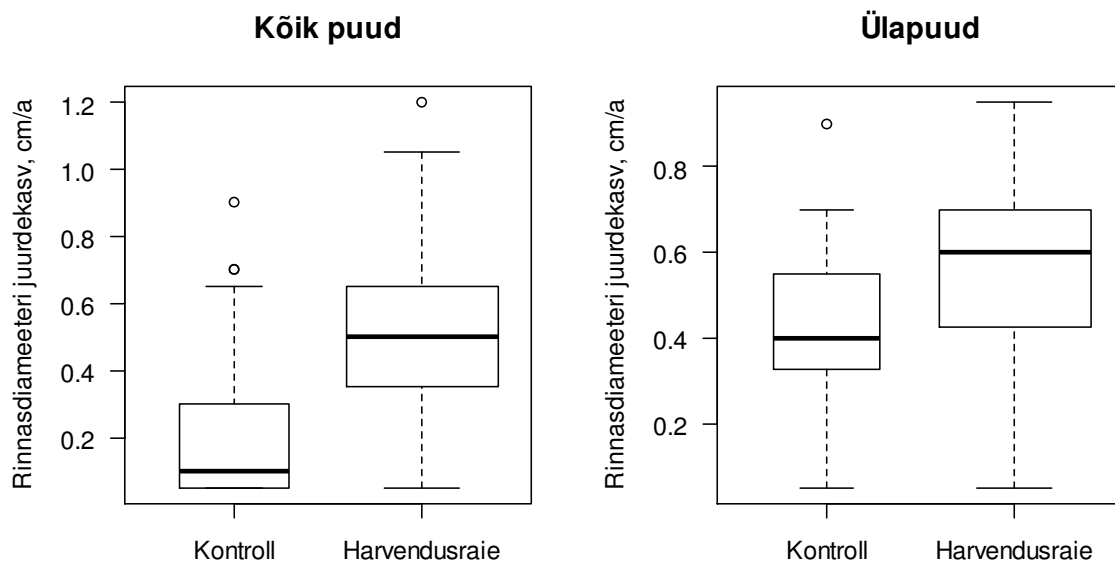
Lähtuvalt joonisest 11 on hakanud 16-aastaselt harvenduse mõju suurenema ( $p=0,020$ ), harvendatud ala miinimumväärtuseks on mõõdetud 4,9 cm ja maksimumväärtuseks 16 cm. 16-aastaselt on harvendatud ala keskvärtus 9 cm. Kontrollala rinnasdiameeter on kahe aastaga muutunud ebaoluliselt, jäädes 2,8 cm ja 10,7 cm piiresse. Kontrollala keskvärtus on 5,5 cm. Ülapuude keskmine diameeter kontrollalal on 8,6 cm ja harvendatud alal 11,7 cm. Erinevus on statistiliselt oluline ( $p<0,001$ ).

Karpdiagrammide andmeid arvestades on harvenduse mõju rinnasdiameetri kasvule tugev ning suureneb iga aastaga. Harvendatud ala keskmine diameeter on kasvanud aastast 2014 kuni 2016 0,8 cm võrra, sama kontrollala diameeter suurenes sama ajaga ainult 0,4 cm võrra, mis tähendab, et harvendamata ala diameetri kasv on kaks korda aeglasem.



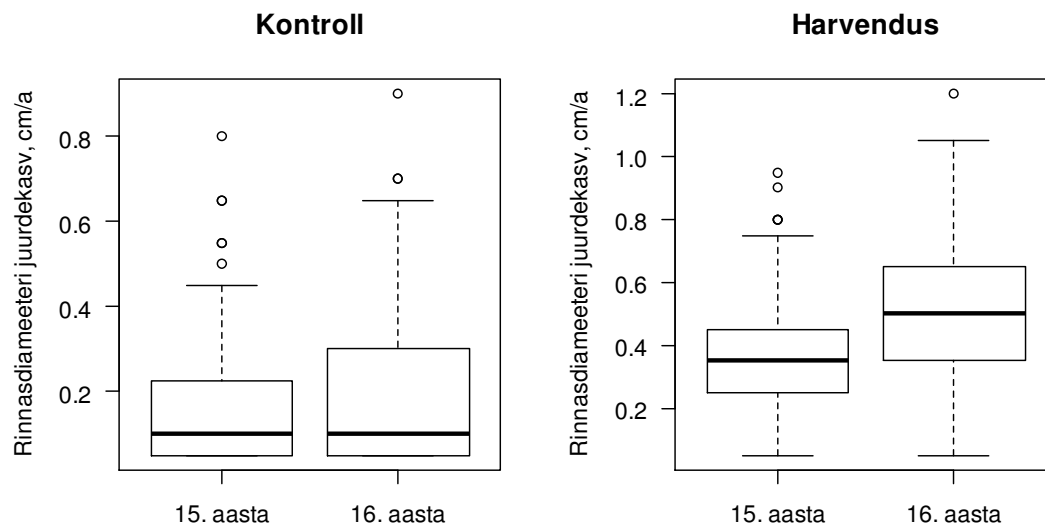
**Joonis 12.** Harvendusraie mõju kõikide puude ( $p < 0,001$ ) ja ülapuude ( $p = 0,003$ ) rinnasdiameetri juurdekasvule 15. kasvuaastal haavikus.

Joonisest 12 nähtub, et harvendusraie mõju rinnasdiameetri juurdekasvule 14–15. kasvuaastal oli statistiliselt oluline nii kõikidele ( $p < 0,001$ ) kui ülapuudele ( $p = 0,003$ ). 15. kasvuaastal oli kontrollalal diameetri juurdekasv kõikide puude korral 0,2 cm ning harvendatud alal 0,4 cm. Ülapuude korral oli 15. kasvuaasta diameetri juurdekasv kontrollalal 0,3 cm ja harvendatud alal 0,5 cm.

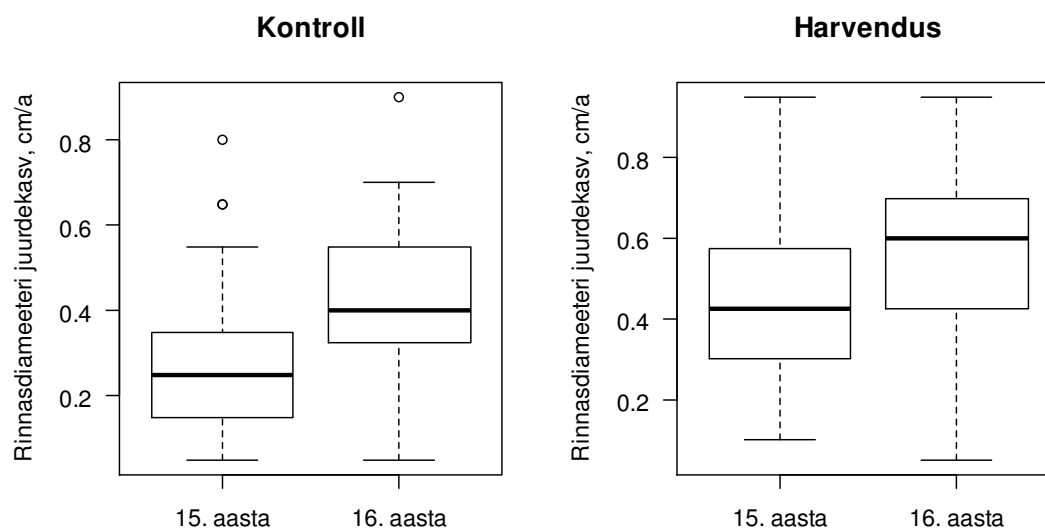


**Joonis 13.** Harvendusraie mõju kõikide puude ( $p=0,013$ ) ja ülapuude ( $p=0,006$ ) rinnasdiameetri juurdekasvule 16. kasvuaastal haavikus.

Joonisest 13 nähtub, et harvendusraie mõju rinnasdiameetrile oli ka vanuses 15–16 aastat statistiliselt oluline kõikidele puudele ( $p=0,013$ ) ja ülapuudele ( $p=0,006$ ). 16. kasvuaastal oli kontrollalal diameetri juurdekasv kõikide puude korral 0,2 cm ning harvendatud alal 0,5 cm. Ülapuude korral oli 16. kasvuaasta diameetri juurdekasv kontrollalal 0,4 cm ja harvendatud alal 0,6 cm.



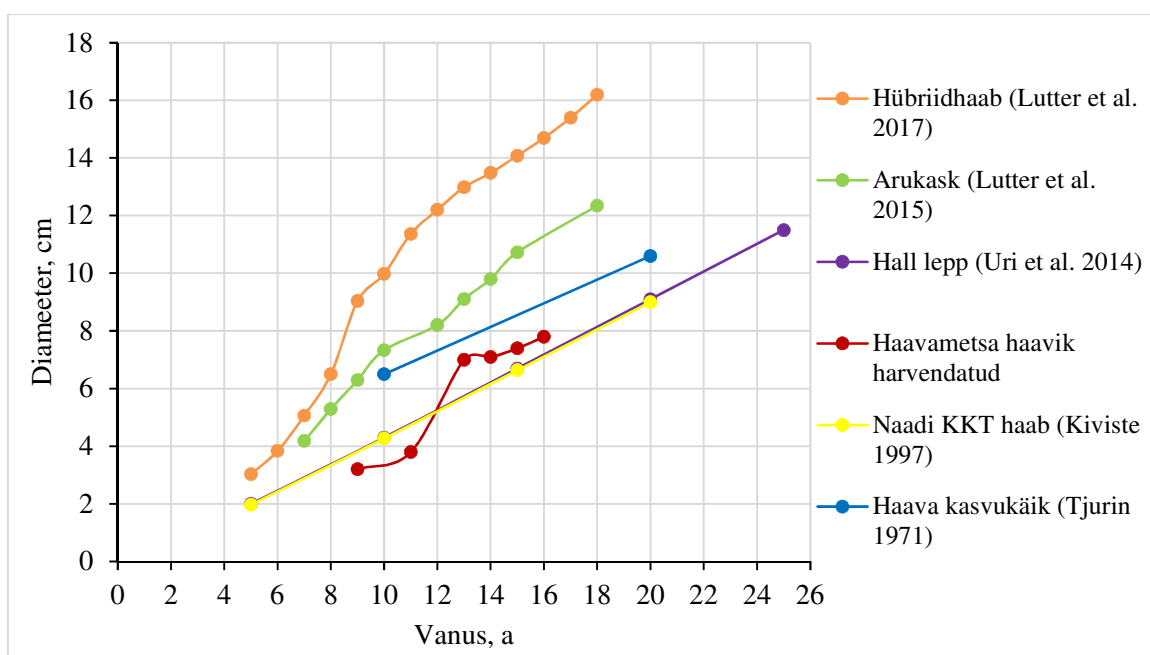
**Joonis 14.** Aasta mõju kõikide puude rinnasdiameetri juurdekasvule kontrollalal ( $p=0,187$ ) ja harvendatud alal ( $p<0,001$ ).



**Joonis 15.** Aasta mõju ülapuude rinnasdiameetri juurdekasvule kontrollalal ( $p=0,039$ ) ja harvendatud alal ( $p=0,004$ ).



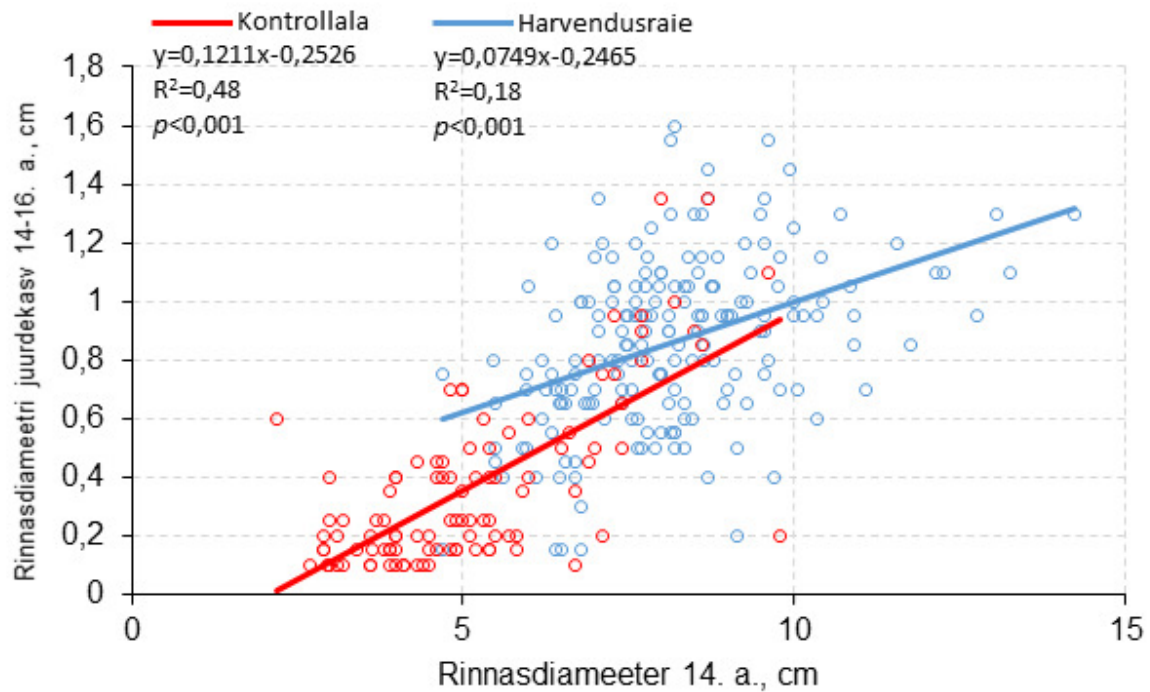
Nagu nähtub karpdiagrammidest (joonis 14) on kontrollalal olnud juurdekasv väga aeglane ning vahemikus 15 ja 16 aastat pole sellel alal rinnasdiameetri juurdekasv oluliselt kiirenenud ( $p=0,187$ ). Harvendatud proovitükkidel oli ka 16. kasvuaasta kõikide puude rinnasdiameetri juurdekasv suurem kui aasta varem ( $p<0,001$ ). Küll aga oli statistiliselt oluline aasta mõju ülapuude rinnasdiameetri juurdekasvule nii harvendatud ( $p=0,004$ ) kui ka kontrollalal ( $p=0,039$ ) (joonis 15).



**Joonis 16.** Haavametsa haaviku rinnasdiameetri kasvukäigu võrdlus teiste kiirekasvuliste lehtpuuliikidega.

Joonisel 16 on võrreldud harvendatud proovitükkide rinnasdiameetri kasvukäiku teiste lehtpuuliikide diameetrite kasvukäiguga. Lähtuvalt sellest joonisest on kõige kiirekasvulisem hübriidhaab (Lutter *et al.* 2017) ning seejärel arukask (Lutter *et al.* 2015), kui 16-aastaselt oli hübriidhaava diameeter 14,7 cm ja arukase diameeter 15-aastaselt oli 10,7 cm. Haavametsa haaviku diameetri kasvukäik jääb alla haava kasvukäigule Tjurini (1971) järgi ning ületab ainult halli lepa (Uri *et al.* 2014) ja naadi kasvukohatüübi haaviku Kiviste (1997) kasvukäike. Haavametsa haaviku harvendatud osa keskmine diameeter oli 16-aastaselt 7,8 cm. Naadi haaviku keskmine diameeter 15-aastaselt Kiviste (1997) järgi oli 6,6 cm ning halli lepa Uri *et al.* (2014) järgi keskmine diameeter 15-aastaselt oli 6,7 cm. Seejuures tuleb arvestada, et

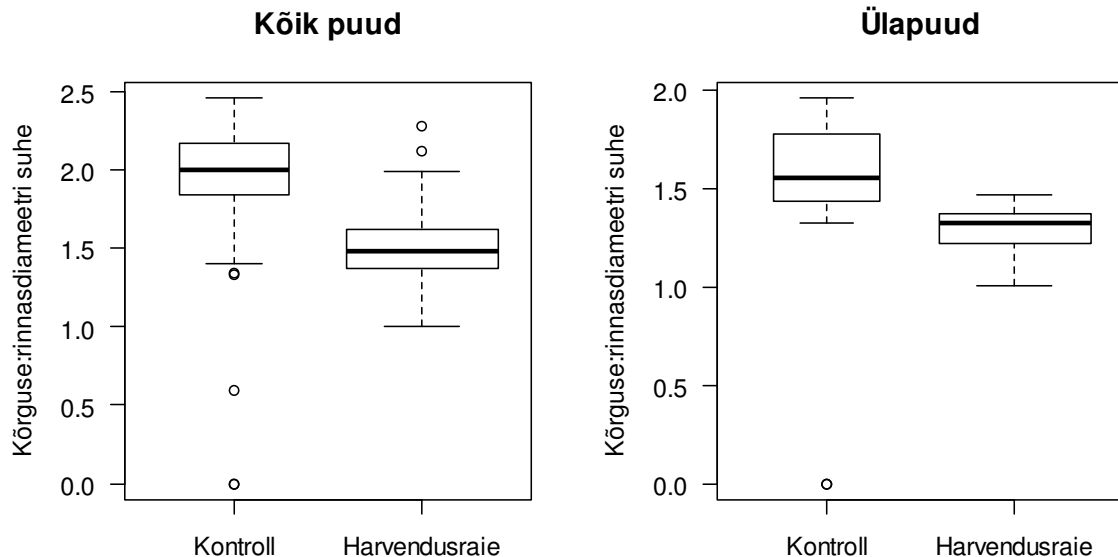
kasvukäigutabelite haaviku kui ka hall-lepiku puistu tihedused on oluliselt kõrgemad, võrreldes vaatluse alla oleva regulaarselt hooldatud haavikuga.



**Joonis 17.** Puu juurdekasvu (summeerituna vanuses 14-16 aastat) sõltuvus puu algsuurusest 14 aasta vanuselt kontrollala ja harvendusraie alal. Mõlemal juhul on  $p < 0,001$ .

Nagu on näidatud joonisel 17, siis puude rinnasdiameetri juurdekasvul on sõltuvus ka puu suurusest ( $p < 0,001$ ). See tähendab, et mida suurem on puu, seda suurem on tal ka juurdekasv. Kusjuures see sõltuvus ilmneb nii kontrollalas kui ka harvendatud alas. Kontrollalas oli mõju tugevam ning puu algsuurus kirjeldas ära 48% rinnasdiameetri juurdekasvust. See tuleneb puudevahelisest tugevast konkurentsist. Järelikut kasvavad ka suured puud kiiremini, kuna nad on konkurentsivõimelisemad. Harvendatud alal on puudevaheline konkurents väiksem, kus puu algsuurus kirjeldas ära 18% rinnasdiameetri juurdekasvust. Alameetodil tehtud harvendusraie järgselt on allesjäänud puude kasvatunnused ühtlasemad ning ülevalitsevaid puid on vähem. Harvendusraie on parandanud ka allesjäänud puistu keskmiste puude diameetri juurdekasvu (joonis 17).

### 3.3. Kõrguse ja rinnasdiameetri suhe



**Joonis 18.** Harvendusraie mõju kõikide puude ( $p<0,001$ ) ja ülapuude ( $p=0,008$ ) kõrguse ja rinnasdiameetri suhtele 16. kasvuaastal haavikus.

Laas *et al.* (2011) järgi on üheks näitajaks, mille alusel saab hinnata hooldusraie vajadust, puistu keskmise kõrguse ja keskmise rinnasdiameetri suhe. Antud suhe peegeldab puistu tihedust. Tihedas puistus väheneb puude jämeduskasv ning diameetri arvvärtus sentimeetrites jääb vähemaks kõrguse arvvärtusest meetrites.

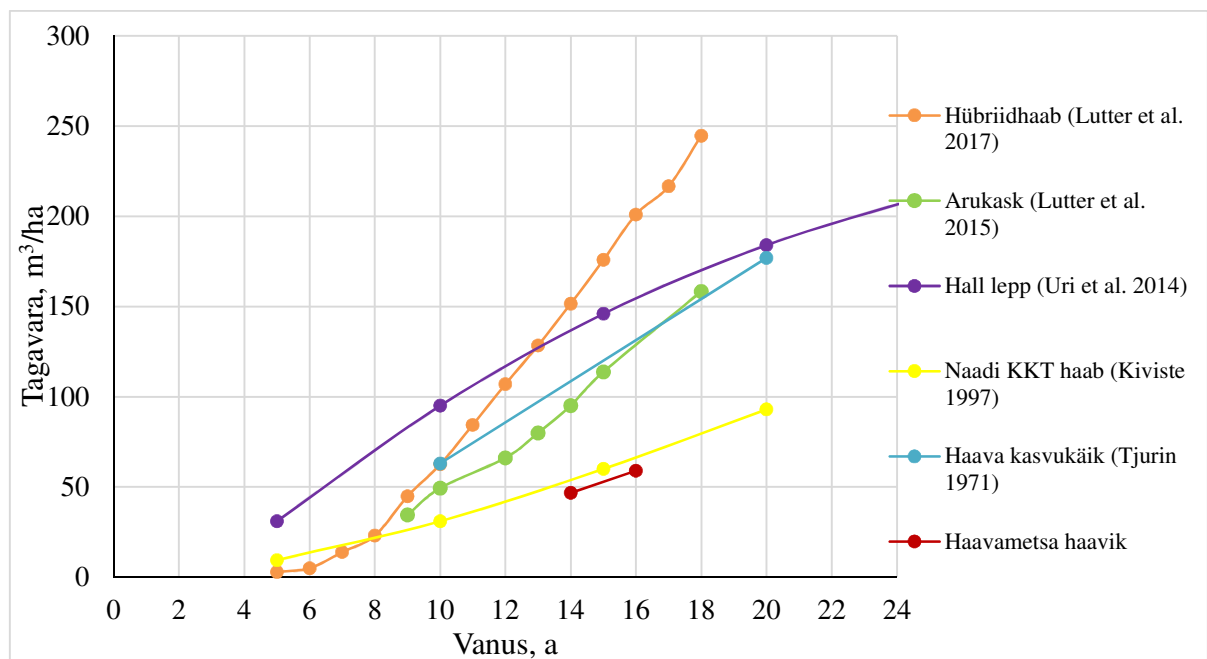
Kontrollala keskmise kõrguse ja diameetri suhe on keskmiselt 2,0, mis tähendab, et antud ala on väga tihe ning puud on peenikesed ja pikalt väljaveninud puutüvega. Harvendatud ala keskmise kõrguse ja diameetri suhe on 1,5, mis Laas *et al.* (2011) järgi vajab samuti hooldusraiet (joonis 18). Harvendusraie mõju kõrguse ja rinnasdiameetri suhtele kõikidele ( $p<0,001$ ) ja ülapuudele ( $p=0,008$ ) on statistiliselt oluline. Ülapuude kõrguse ja rinnasdiameetri suhe (1,35) on madalam kui puistu keskmine (1,65). Kuigi ülapuude kõrguse ja diameetri suhe harvendatud alal ületab Laasi (2011) soovitatud alammäära 1,2, siis madala täiuse (0,5) tõttu pole vajadust siiski harvendustega koheselt jätkata.

Allpool toodud tabeli 2 alusel võib hinnata hooldusraie vajadust puistus.

**Tabel 2.** Hooldusraie vajaduse leidmine lihtviisil. (Laas *et al.* 2011: 493)

Kõrgus (m) : Rinnasdiameeter(cm)	Hooldusraie vajadus
>1,2	Kindlasti vaja
1,0–1,2	Vaja
0,8–1	Vaja vastavalt liigilisele koosseisule
< 0,8	Pole vaja

### 3.4. Tagavara



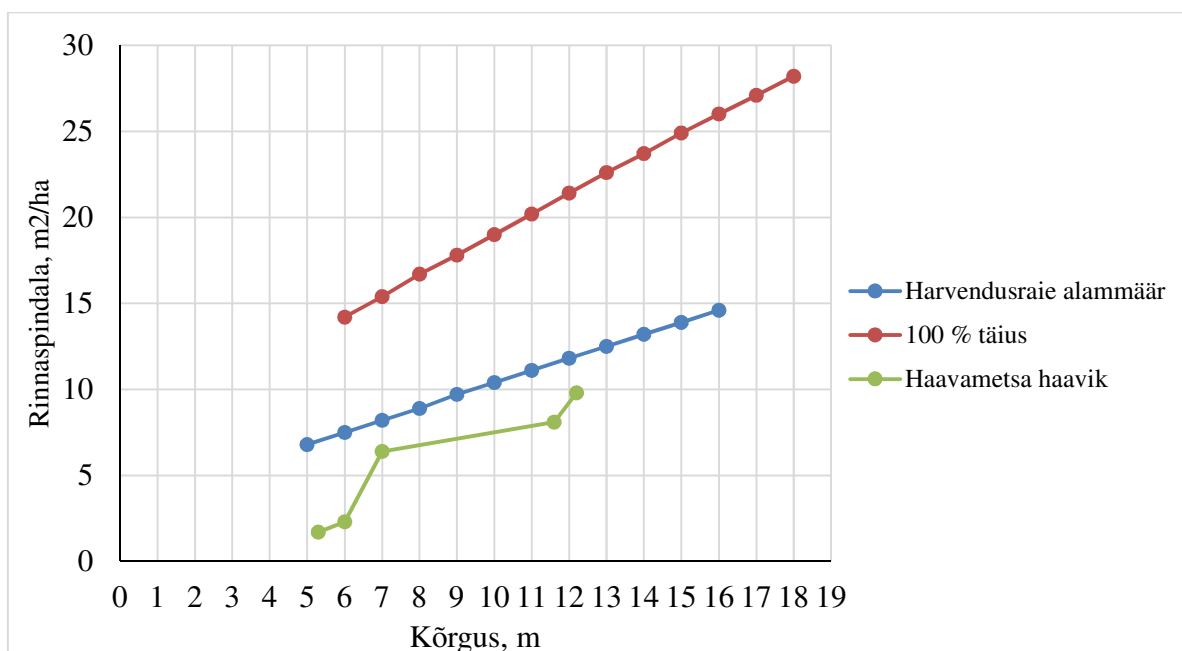
**Joonis 19.** Haavametsa haaviku proovitükkide 1 ja 4 tagavara võrdlus teiste lehtpuuliikide tagavaraga.

Joonises 19 nähtub, et Haavametsa haaviku tagavara jääb alla kõikidele võrdluseks olevate puuliikide tagavarale. Madal tagavara on tingitud sagedastest raietest ning madalast täiusest – 50%. Kuna tagavara suureneb tulevikus, siis võib eeldada, et tagavara ületab naadi kasvukoha

haavikut Kiviste (1997) järgi. 14-aastaselt oli harvendatud ala tagavara 46,7 m<sup>3</sup> ning 16-aastaselt 59 m<sup>3</sup>. Suurim tagavara oli 16-aastaselt hübriidhaaval – 201 m<sup>3</sup>/ha (Lutter *et al.* 2017).

### 3.5. Harvendusraiejärgne rinnaspindala

Kuigi alates 2014. aastast ei ole Metsa majandamise eeskirja (2006) lisas 1 esitatud harvendusraie esimese rinde rinnaslõikepindala alammäära alla 13-meetristele puistutele, siis on autor selle joonise koostamisel kasutanud endist harvendusraie alammäära (joonis 20).



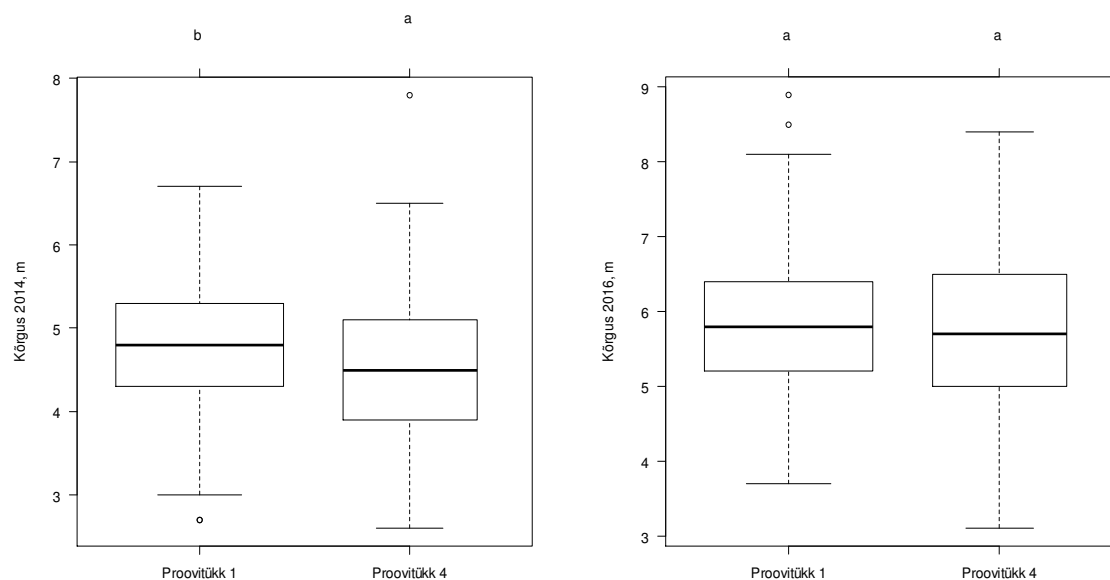
**Joonis 20.** Proovitükkide 1 ja 4 haava rinnaspindala kasvukäigu võrdlus endise harvendusraie alammääraga (Metsamajandamise eeskiri 2006) ja 100% haava täiusega (Metsa korraldamise juhend 2009).

Joonisel 20 on arvutatud Haavametsa haaviku proovitükkide 1 ja 4 keskmine täius, mis 14-aastaselt oli 0,4 ja 16-aastaselt 0,5. 100% täiusega haaviku rinnaslõikepindalale jääb uuritava katseala rinnaslõikepindala tugevalt alla, kuna katseala on korduvalt harvendatud ja täius on viidud madalale. Katseala rinnaslõikepindala jääb alla ka harvendusraie alammäärale, eriti 14-aastaselt, kui selle väärtus oli 8,1 m<sup>2</sup>/ha pärast viimast sooritatud raiet. Järsk rinnaslõikepindala

tõus 1,7 m<sup>2</sup>/ha võrra 16-aastaselt kuni 9,8 m<sup>2</sup>/ha uuritava katsealal on tingitud sellest, et viimane raie teostati autori poolt 2014. aastal ning puistu on vähemalt kolmel aastal saanud kasvada. Omakorda on kiirendanud diameetri kasvu ka harvendused.

### 3.6. Pärna teine rinne

Alates 2014. aastat on harvendusraie proovitükkidel sihipäraselt kujundatud ka pärna teist rinnet. Järgnevalt on joonistel 21 ja 22 välja toodud pärna teise rinde takseernäitajate hajuvused.



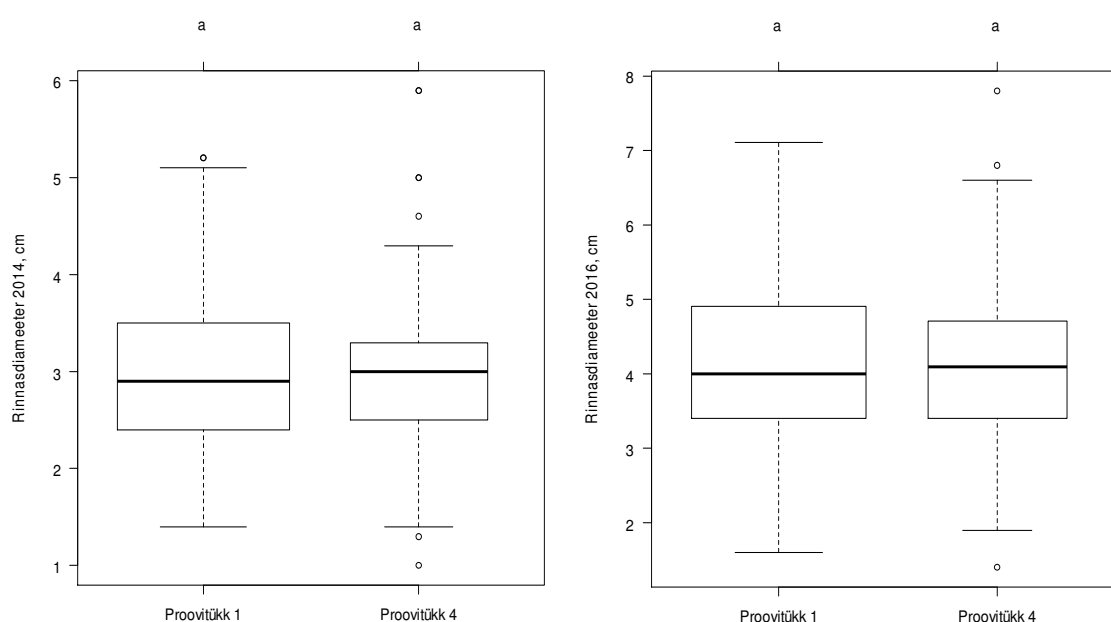
**Joonis 21.** Proovitüki mõju pärna teise rinde kõrguse kasvule 14- ja 16-aastaselt. 14-aastaselt  $p=0,006$  ja 16-aastaselt  $p=0,510$ .

Joonisest 21 nähtub, et 14-aastaselt oli kõrguse erinevus proovitükkidel 1 ja 4 statistiliselt oluline ( $p=0,006$ ). Miinimum- ja maksimumväärtused olid 2,6 m ja 7,8 m ning keskväärtus 4,7 m. 16-aastaselt pärna kasv ühtlustus ning kõrguse erinevus ei olnud enam statistiliselt oluline ( $p=0,510$ ). Miinimum- ja maksimumväärtused olid 3,1 m ja 8,9 m ning keskväärtus 5,8 m. Kahe aastaga on pärnade kõrguse juurdekasv olnud 1,1 m.

Pärna proovitükke 1 ja 4 harvendati 2014. aastal autori bakalaureusetöö (Kollo 2015) raames. Proovitükil 1 jäeti kasvama 185 pärna ning proovitükil 4 jäeti kasvama 117 pärna, mis teeb

hektari kohta 2960 ja 1872 puud, vastavalt proovitükile. Vaatlusperioodil aastate vahemikus 2014 kuni 2016 ei toimunud pärna iseharvenemist ning puistu tihedus jäi muutumatuks. Harvendusraie eesmärk oli alustada pärna teise rinde teadlikku suunamist, mistõttu harvendati ettevaatlikult tihedamaid kannuvõsusid (jättes alles 3–4 puud kannu kohta) ning ühtlaselt üle ala juurevõsusid. Pärnade keskmine kõrgus moodustas 43,6% ülarinde esimese rinde haabade keskmisest kõrgusest, soodustades seetõttu mõõdukat haava laasumist.

Metsa korraldamise juhendi (2009) alusel peab teise rinde keskmine kõrgus moodustama 25–75% esimese rinde keskmisest kõrgusest ning keskmine kõrgus peab olema vähemalt 4 m. Metsa korraldamise juhendi (2017) järgi on Haavametsa haaviku katsealal välja kujunenud pärna teine rinne.



**Joonis 22.** Proovitüki mõju pärna teise rinde rinnasdiameetrile 14 ja 16-aastaselt. 14-aastaselt  $p=0,530$  ja 16-aastaselt  $p=0,661$ .

Joonisest 22 nähtub, et pärna diameeter ei erinenud ei 14 ega 16-aastaselt proovitükiti statistiliselt oluliselt ( $p=0,530$  ja  $p=0,661$ ). 14-aastaselt oli proovitükkide miinimum- ja maksimumväärtus vastavalt 1 cm ja 5,9 cm ning keskvärtus oli 3 cm. 16-aastaselt oli

proovitükkide miinimum- ja maksimumväärtus 1,4 ja 7,8 cm ning keskvärtus oli 4,1 cm. Kahe aastaga on pärnade diameetri juurdekasv olnud 1,1 cm.

### 3.7. Toitainete sisaldus mullas

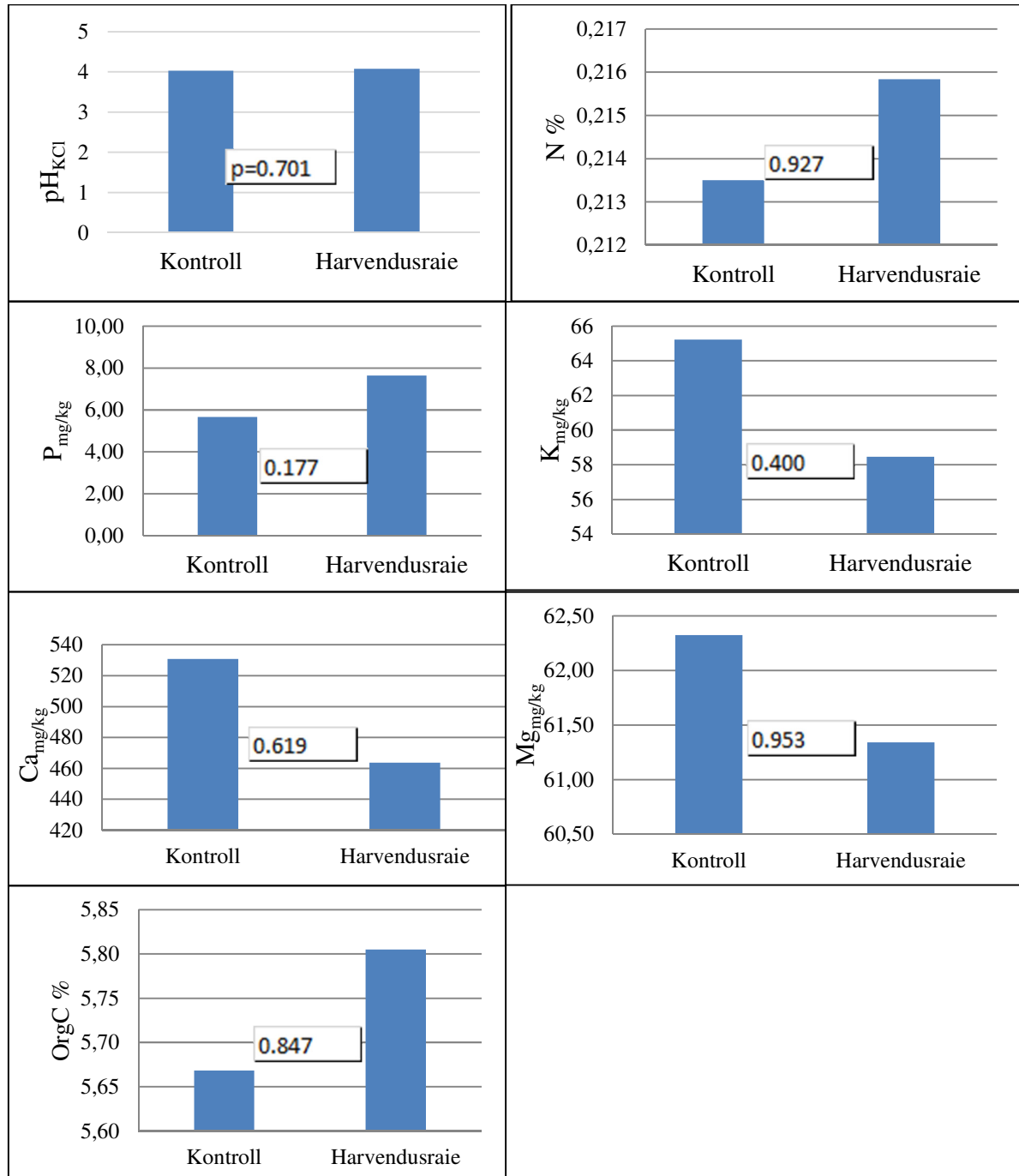
Katsealalt võetud 12 mullaproovi põhjal määrati laboris toitainete ja orgaanilise aine sisaldused ning mulla happesus. Võrreldi harvendatud ja harvendamata proovitükkide toitainete sisaldust mullas. Nagu näha jooniselt 23, siis harvendusraie pole peale 16. kasvuaastat omanud mõju mulla happesusele, toitainete (N, P, K, Ca ja Mg) ja orgaanilise aine sisaldusele ( $p > 0,05$ ). Tulemus on oodatav, sest mullas toimuvad protsessid on aeglased ning võimalike erinevuste välja tulemiseks kulub rohkem aega (Wall, Hytönen 2005).

Samuti võrreldi tulemusi varem (Noorte lehtmetsade kasvukäigu ja hooldamise katse-näidisalad Järveljal ja selle lähiümbruses 2005). Saku Põllumajandusuuringute Keskuse laboris tehtud mulla toitainete sisalduse analüüsiga. Kuna varasemalt on prooviala kohta kogutud mullaproovid ainult ühe mullakaeve põhjal, siis pole võimalik teostada muutuse hindamiseks statistilisi analüüse. Arvestades metsamuldade ruumilist varieeruvust ning erinevate laborite võrdlemist, siis tuleb järgnevaid üldistusi võtta suure ettevaatlikkusega ning pigem on eesmärgiks kirjeldada üldisi trende. Tulemuseks saadi, et 13 aasta möödudes, mulla A-horisoni pH suurenes 1,4%, lämmastiku (N) sisaldus suurenes 78,9%, kaaliumi (K) sisaldus suurenes 168,9%, kaltsiumi (Ca) sisaldus suurenes 112,5% ning magneesiumi (Mg) sisaldus suurenes 54,6% ja orgaanilise aine (OrgC) sisaldus suurenes 6,2%. Seevastu vähenes fosfori sisaldus 75,4% võrra. Kaltsiumi sisalduse suurenemist võis soodustada pärna teise rinde kasv, seda kinnitavad ka kirjanduses leiduvad andmed (Pigott 1991; Jaegere *et al.* 2016).

Mulla lämmastiku sisaldus on üks oluliseim toitaine boreaalses ja hemiboreaalses metsas. Peale selle ilmneb, et haavakooslused on rohkem sõltuvad lämmastikust ja teistest orgaaniliselt seotud toitainetest mullas kui okaspuu kooslused (Strong, La Roi 1985). Samuti on Põhja-Ameerika ja Kanada uurimistulemused näidanud, et aastane lämmastiku nõudlus kiiresti kasvavatel paplitel



ja nende hübriididel on palju suurem, võrreldes teiste endeemiliste lehtpuude ja okaspuudega (Stanturf *et al.* 2001).



**Joonis 23.** Mulla toitainete ja orgaanilise süsiniku ning happesuse sisalduse võrdlus harvendatud ja kontrollalal.

## KOKKUVÕTE

Magistritöö jaoks tehti mõõtmisi Järvelja Öppe- ja Katsemetskonna Haavametsa triploidse haaviku tarastatud katsealal. Kogu katsealal ehk neljal proovitükil teostati takseerandmete mõõtmised. Mõõdeti mõlema proovitüki haabade kõrgused ja rinnasdiameetrid, mille põhjal arvutati tagavara, rinnaslõikepindala ja täius ning võrreldi takseerandmeid. Harvendatud proovitükkidel jätkati pärna teise rinde takseerandmete mõõtmist ja analüüsi. Lisaks võeti katsealalt 12 mullaproovi happesuse, toitainete sisalduse ja orgaanilise aine sisalduse hindamiseks.

Tulemuseks saadi, et korduvalt teostatud harvendusraie on avaldanud olulist mõju puude jämeduskasvule, sest harvendusraie mõju avaldus mitte ainult puistu keskmisele rinnasdiameetrile, vaid ka ülapuude (proovitüki 25% suuremad puud) jämeduskasvule. Keskmise rinnasdiameeter 16-aastaselt oli kontroll- ja harvendatud alal vastavalt 5,5 cm ja 9 cm ( $p=0,020$ ). Ülapuude diameetrid kontrollalal ja harvendatud alal olid 16. kasvuaasta möödudes vastavalt 8,6 cm ja 11,7 cm ( $p<0,001$ ). Harvendusraie positiivne mõju kajastus ka ülapuude suuremas jooksva aasta juurdekasvus nii 15. ( $p=0,003$ ) kui ka 16. ( $p=0,006$ ) kasvuaastal. Nii kontrollalal kui ka harvendatud alal oli puude jooksev rinnasdiameetri juurdekasv oluliselt suurem 16. kasvuaastal kui 15. kasvuaastal.

Harvendusraiel ei olnud aga olulist mõju kõikide puude ja ülapuude keskmisele kõrgusele. 16-aastase haaviku harvendatud- ja kontrollala keskmise kõrguse keskväärtused on vastavalt 10,4 m ja 13,3 m ( $p=0,103$ ). Ülapuude kõrgused kontrollalal ja harvendatud alal olid vastavalt 13,9 m ja 14,9 m ( $p=0,196$ ). Harvendatud proovitükkide keskmine kõrguse juurdekasv vanuseperioodil 14–16 aastat ei erinenud omavahelises võrdluses ( $p=0,950$ ).

Kontrollala kõrguse ja rinnasdiameetri suhe oli keskmiselt 2,0, kuna puud on peenemad ja harvendatud ala kõrguse ja rinnasdiameetri suhe on 1,5, sest puud on jämedamad. Mainitud väärtused erinesid usaldatavalt üksteisest ( $p<0,001$ ).

Harvendatud proovitükkide ja harvendamata proovitükkide rinnasdiameeter erinesid üksteisest statistiliselt usaldatavalt. Harvendatud osa tagavara oli 16- aastaselt 59 m<sup>3</sup>/ha. Puistu harvendatud osa täius on suhteliselt madal – 50%. Kui varem on täheldatud Haavametsa triploidse haaviku uuenduse kõrguse ja rinnasdiameetri aeglast kasvukiirust, siis 16. kasvuaasta möödudes on haaviku kasvukiirus jõudnud sarnasele tasemele Ia boniteedi kasvukäigutabeliga. Samas jääb uuritud haavik kasvukiiruses alla 16 aasta vanuselt teistele kiirekasvulistele lehtpuudele.

Magistritöö autor kujundas ja mõõtis pärna teist rinnet, raiudes tihedamaid pärna kannuvõsu gruppe ja ühtlaselt üle ala juurevõsusid. Pärna teise rinde kõrgus moodustas 43,6% esimese rinde haava keskmisest kõrgusest. Harvendatud proovitükkide pärna keskmiseks kõrguseks saadi 16-aastaselt 5,8 m. Keskmine rinnasdiameeter oli 16-aastaselt 4,1 cm. Pärna tihedus viidi harvendusraietega 1872 puuni hektaril ja 2960 puuni hektaril ning kahe aastase vaatlusperioodi jooksul (2014–2016) ei ole toimunud pärna iseharvenemist.

Puude rinnasdiameetri juurdekasv (vanuses 14–16 aastat) sõltub kasvava puu suuruselt ( $p<0,001$ ). See tähendab, et mida suurem on puu, seda suurem on juurdekasv. Seos ilmnes nii kontrollalal kui ka harvendatud alal. Kontrollalal oli mõju tugevam ning puu algsuurus kirjeldas ära 48% rinnasdiameetri juurdekasvust, harvendatud alal oli vastav näitaja 18%.

Mulla toitainete ja orgaanilise aine sisaldused ning mulla happesus ei erinenud kontrollalal ja harvendusalal.

Magistritöö tulemusena tehtavad järeldused ja soovitused:

- 1) hariliku haavapuistu harvendust peab tegema noores eas, kuna just siis on haava kasvu kiire ja seda saab tõhusalt suunata; välja tuleb raiuda haiged ja peened puud, mis jäävad alla tulevikupuude kasvule ning mis segavad nende kasvu;
- 2) harvenduse käigus tuleb alles jätta kõvalehtpuud ning ka pärna teine rinne, mis soodustab puistu laasumist;

- 3) harvenduse käigus peab puistu jätma veidi tihedamaks kui vaja, sest osa puid läheb söögiks ulukitele;
- 4) võimalusel on soovitatav noor puistu tarastada, kuna noori puid kahjustab põder ja selle tulemusena võib kogu puistu hävida;
- 5) harvendus suurendab haaviku jämeduskasvu, kuid ei mõjuta haaviku kõrguskasvu.

## KASUTATUD KIRJANDUS

Aastaraamat Mets 2016. (2017). Tallinn: Keskkonnaagentuur. 293 lk.

**Hagen-Thorn, A., Armolaitis, K., Callesen, I., Stjernquist, I.** (2004). Macronutrients in tree stems and foliage: A comparative study of six temperate forest species planted at the same sites. – *Annals of Forest Science*. Vol. 61, No. 6, 489–498.

Hariliku pärna (*Tilia cordata*) harvendusraie katseala Järveljal. (2014). /Koost. A. Kangur. SA Järvelja Öppe- ja Katsemetskond. 4 lk.

**Isebrands, J. G., Richardson, J., Ball, J. B.** (2014). Ecology and Physiology of Poplars and Willows. – *Poplars and Willows: Trees for Society and the Environment*. In: Isebrands, J.G., Richardson, J. (Eds.), Poplars and Willows: Trees for Society and the Environment, The Food and Agriculture Organization of the United Nations and CABI, pp. 92–123.

**Jaegere, D. T., Hein, S., Claessens, H.** (2016). A Review of the Characteristics of Small-Leaved Lime (*Tilia cordata* Mill.) and Their Implications for Silviculture in a Changing Climate. – *Forests*. Vol. 7, No. 3.

**Jaworski, A., Kolodziej, Z., Bartkiewicz, L.** (2005). Structure and dynamics of stands of primeval character composed of the little-leaf linden (*Tilia cordata* Mill.) in the “Las lipowy Obrozyska” reserve (southern Poland). – *Journal of Forest Science*. Vol. 51, pp. 283–304

**Jensen, S., Euforgen, J.** (2003). Technical Guidelines for Genetic Conservation and Use for Lime (*Tilia* spp.). – *International Plant Genetic Resources Institute*. Rome: 2003. pp. 6.

**Kiviste, A.** (1997). Eesti riigimetsa puistute kõrguse, diameetri ja tagavara vanuseridade diferentsmudel 1984.–1993. a. metsakorralduse takseerikirjelduste andmeil. – *EPMÜ teadustööde kogumik*. /Koost. K. Kiviste. Väljaanne nr 189. Tartu: Eesti Põllumajandusülikool, lk 63–75.

**Kiviste, A.** (2007). Matemaatiline statistika MS Exceli keskkonnas. Tartu: Greif. 86 lk.

**Kiilunen, S.** (1996). Inarin Nonabelijärven triploidi haapa. – *Sorbifolia*. Vol. 27, No. 4. pp. 165–171.

**Kollo, Joonas.** 2015. Noore haaviku harvendamine ja kasvukäik. Bakalaureusetöö. Eesti Maaülikooli metsandus- ja maaehitusinstituut. Tartu. 43 lk.

**Krigul, T.** (1968). Laasimise rakendamisest metsamajanduses. – *EPA teaduslike tööde kogumik* 50. Tartu, lk 121–137.

**Krigul, T.** (1971). Metsataksaatori teatmik. (2). Tartu: Eesti Põllumajanduse Akadeemia. 150 lk.

**Laas, E.** (1987). Dendroloogia. (2). Tallinn: Valgus. 824 lk.

- Laas, E.** (2001). Metsauuendamine ja metsastamine. Tartu: AS Atlex. 93 lk.
- Laas, E., Uri, V., Valgepea, M.** (2011). Metsamajanduse alused. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus. 863 lk.
- Lokko, Siim.** (2014). Haaviku majandamine Järvelja ÕKMK-s kvartal 243 asuva näidiskatseala põhjal. Magistritöö. Eesti Maaülikooli metsandus- ja maaehitusinstituut. Tartu. 113 lk.
- Lutter, R., Tullus, A., Kanal, A., Tullus, T., Tullus, H.** (2017). Above-ground growth and temporal plant-soil relations in midterm hybrid aspen (*Populus tremula* L. × *P. tremuloides* Michx.) plantations on former arable lands in hemiboreal Estonia. – *Scandinavian Journal of Forest Research*. No. 8, pp. 688–699.
- Lõhmus, A., Kraut, A., Lõhmus, P., Remm, J., Rosenthal, R., Soon, M.** (2005). Haab pakub elupaiku vähemalt kahele tuhandele liigile. – *Eesti Loodus*. Nr. 10. [e-ajakiri] [http://www.eestiloodus.ee/artikkel1247\\_1246.html](http://www.eestiloodus.ee/artikkel1247_1246.html) (23.04.2018).
- McCarthy, R., Rytter, L.** (2016). Productivity and thinning effects in hybrid aspen root sucker stands. – *Forest Ecology and Management*. Vol. 354, pp. 215–223.
- Metsa korraldamise juhend. (vastu võetud 16.01.2009, muudetud, täiendatud, viimati jõustunud 25.02.2017). – *Riigi Teataja* <https://www.riigiteataja.ee/akt/13124148?leiaKehtiv> (23.04.2018).
- Metsa majandamise eeskiri. (vastu võetud 27.12.2006, muudetud, täiendatud, viimati jõustunud 18.12.2017). – *Riigi Teataja*. <https://www.riigiteataja.ee/akt/126022014016?leiaKehtiv> (23.04.2018).
- Muiste, L.** (1960). Hooldusraietest haavapuistutes. – *Eesti Põllumajanduse akadeemia teaduslike tööde kogumik*. Muiste L. Tartu: 1960. lk 37–41.
- Noorte lehtmetsade kasvukäigu ja hooldamise katse-näidised järveljal ja selle lähikümbruses. (2005). /Koost. Merit Vildo. Järvelja Õppe- ja Katsemetsakond. 33 lk.
- Pigott, C. D.** (1991). *Tilia cordata* Miller Biological Flora of the British Isles. – *Journal of Ecology*. Vol. 79, No. 4, pp. 1147–1207.
- Pärt, E.** (2010). Kas saameestele jätkub tööd? – *Eesti Mets*, Nr. 4/2010, lk. 6–11.
- R Core Team (2017) R: A Language and Environment for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- Relve, H.** (2007). Puude juurde: puud ja põõsad looduses, pärimustes ja nüüdses kasutuses. (2). Tartu: Eesti Loodusfoto. 215 lk.
- Rytter, L.** (2006). A management regime for hybrid aspen stands combining conventional forestry techniques with early biomass harvests to exploit their rapid early growth. – *Forest Ecology and Management*. Vol. 236, pp. 422–426.

- Rytter, L., Werner, M.** (2007). Influence of early thinning in broadleaved stands on development of remaining stems. – *Scandinavian Journal of Forest Research*. Vol. 22, pp. 198–210.
- Saarman, E., Veibri, U.** (2006). Puiduteadus. (2. tr.). Tartu: Eesti Metsaselts. 560 lk.
- Sibul, I.** (2012). Pärna aastal pärnapuudest. – *Eesti loodus*. Nr. 12. [e-ajakiri] [http://vana.loodusajakiri.ee/eesti\\_loodus/index.php?artikkel=44](http://vana.loodusajakiri.ee/eesti_loodus/index.php?artikkel=44) (23.04.2018).
- Stanturf, J.A., Oosten, C., Netzer, D.A., Coleman, M.D., Portwood, C.J.** (2001). Ecology and silviculture of poplar plantations. In: Dickmann, D.I., Isebrands, J.G., Eckenwalder, J.E., Richardson, J. (Eds.), *Poplar Culture in North America*, NRC Research Press, Ottawa, pp. 153–206.
- Strong, W. L., La Roi, G. H.** (1985). Root density—soil relationships in selected boreal forests of central Alberta. – *Canada. For Ecol Manage* Vol. 12, pp. 233–251.
- Swift, D E., Knight, W., Beland, M., Boureima, I., Bourque, C. P.-A., Meng, F. R.** (2017). Stand Dynamics and tree quality response to precommercial thinning in a northern hardwood forest of the Acadian forest region: 23 years of intermediate results. – *Scandinavian Journal of Forest Research*. Vol. 32, No. 1, pp. 45–59.
- Zeps, M., Adamovics, A., Smilga, J., Sisenis, L.** (2016). Productivity and quality of hybrid aspen at the age of 18 years. – *Research for Rural Development*. Vol. 2, pp. 55–61.
- Tamm, Ü.** (2000). Haab Eestis. Tartu: Eesti Loodusfoto. 257 lk.
- Tamm, Ü.** (2005). Haab – põlatud ja hinnatud metsapuu. – *Eesti loodus*. Nr. 1. [e-ajakiri] [http://www.eestiloodus.ee/artikkel961\\_958.html](http://www.eestiloodus.ee/artikkel961_958.html) (23.04.2018).
- Tooraine.** (2015). AS Estonian Cell. [WWW] <http://estoniancell-ee.sn3.zone.eu/ee/1313/tooraine> 08.05.2015
- Tullus, H.** (2001). Lehtpuupuistute kasvatamine Eestis. Tartu: Akadeemilise Metsaseltsi toimetised XIV. 139 lk.
- Tullus, H.** (2016). Lehtmetsade kasvatamine. Tartu: Erametsakeskus. 56 lk.
- Uri, V., Aosaar, J., Varik, M., Becker, H., Ligi, K., Padari, A., Kanal, A., Lõhmus, K.** (2014). The dynamics of biomass production, carbon and nitrogen accumulation in grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench) chronosequence stands in Estonia. – *Forest Ecology and Management*, 327, pp.106–117.
- Vares, A., Tullus, A., Raudoja, A.** (2003). Hübriidhaab: ökoloogia ja majandamine. Tartu: Triip. 96 lk.
- Vaus, M.** (2005). Metsatakseerimine. Tartu: OÜ Halo Kirjastus. 178 lk.
- Wall, A., Hytönen, J.** (2005). Soil fertility of afforested arable land compared to continuously forested sites. – *Plant and Soil*. No. 275, pp. 247–260.

**Жигунов, А. В., Шабунин, Д. А., Бутенко, О. Ю.** (2014). Лесные плантации триплоидной осины, созданные посадочным материалом *in vitro*. – *Вестник ПТГУ*. No. 4 (24). 21–30.

**Смилга, Я. Я.** (1986). Осина. Рига. 239 с.

**Яблоков, А. С.** (1963). Воспитание и разведение здоровой осины. Москва: Гослембумиздат. 442 с.



**LISA 1. Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Mina, Joonas Kollo,

(sünniaeg 15.05.1993)

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda koostatud lõputöö Harvendusraie mõju haaviku kasvule ja pärna teise rinde kujundamine, mille juhendaja(d) on professor Hardi Tullus ja teadur Reimo Lutter,

- 1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,
- 1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja
- 1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor

\_\_\_\_\_

allkiri

Tartu, 25.05.2018

---

**Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Luban lõputöö kaitsmisele.

\_\_\_\_\_

(juhendaja nimi ja allkiri)

\_\_\_\_\_

(kuupäev)

\_\_\_\_\_

(juhendaja nimi ja allkiri)

\_\_\_\_\_

(kuupäev)